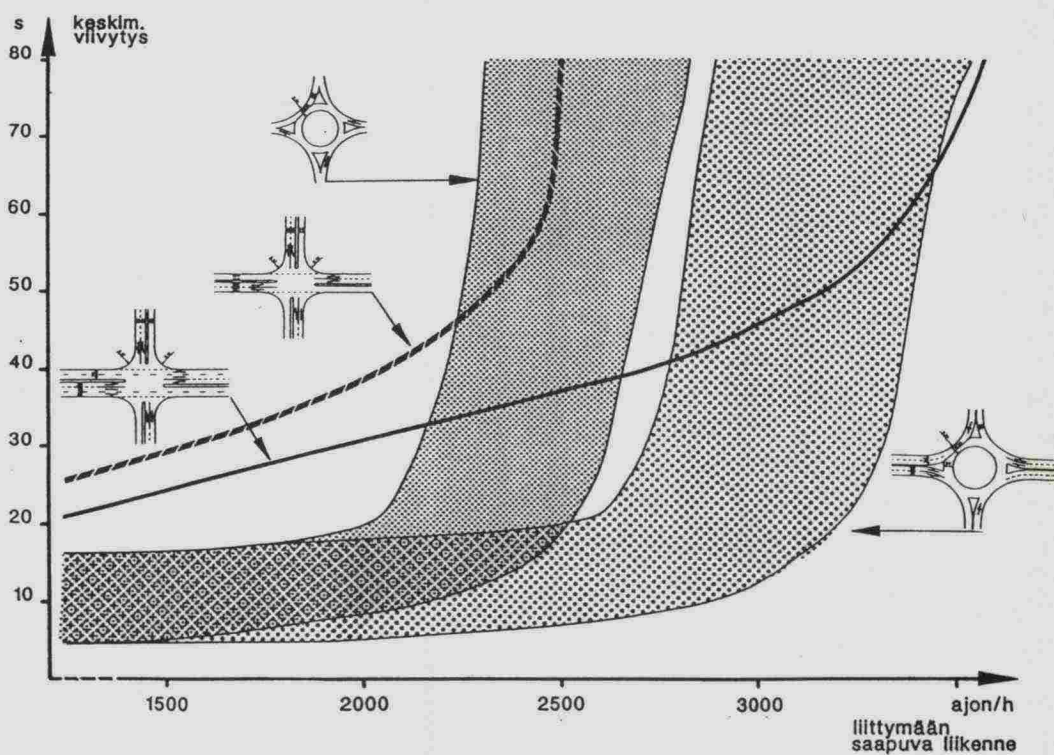


Tielaitos

Kiertoliittymät ja niiden välityskyky



**Tielaitoksen
selvityksiä**

23/1991

Helsinki 1991

**Tiehallitus
Kehittämiskeskus**

Tielaitoksen selvityksiä
23/1991

Kiertoliittymät ja niiden välityskyky

Tielaitos
Tiehallitus, Kehittämiskeskus

Helsinki 1991

2. painos
ISBN 951-47-4394-6
ISSN 0788-3722
TIEL 3200022
Valtion painatuskeskus
Helsinki 1991

Julkaisua myy
Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541

Asiasanat kiertoliittymä, liikenteenvälityskyky, liikenneturvallisuus

TIIVISTELMÄ

Kiertoliittymien käyttö on Suomessa ollut hyvin vähäistä. Muissa maissa niiden käyttö on selvästi yleistynyt ja saadut kokemukset ovat olleet hyviä. Tämän tutkimuksen lähtökohtana on ollut käytännön suunnittelutyössä todettu tiedon-tarve kiertoliittymien ominaisuuksista. Tutkimuksessa on kartoitettu kiertoliittymien käyttöä, suunnittelua, liikenneturvallisuutta ja liikenteenvälityskykyä. Tarkasteltaviksi maiksi on valittu Iso-Britannia, Norja, Tanska, Ruotsi ja Suomi.

Kiertoliittymien käyttö- ja suunnitteluperiaatteet sekä liikenneturvallisuudesta saadut tulokset on kartoitettu kirjallisuudesta ja haastatteluilla.

Kiertoliittymät toimivat hyvin ja joustavasti, kun etuajo-oikeus annetaan kiertävälle liikennevirralle. Tätä etuajo-oikeussääntöä käytettäessä liittymä ei suurilakaan liikennevirroilla tukkeudu. Suomi ja Norja poikkeavat muista tarkastelluista maista siinä, että kaikissa kiertoliittymissä ei ole kiertävän liikenteen etuajo-oikeus vielä voimassa.

Kiertoliittymien suunnittelussa pyritään tiiviisiin ratkaisuihin. Tällöin ajomatka kiertoympyrässä on lyhyt. Tarkastelluissa maissa tavallisessa kiertoliittymässä keskisaarekkeen halkaisija on 10 - 30 m. Liittymä on muotoiltava siten, että kiertoliittymän läpi ei voi ajaa suoraan ja suurella nopeudella. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden reitit pyritään sijoittamaan siten, että ajoradan ylitys tapahtuu mahdollisimman kaukana liittymästä. Kevyt liikenne on liittymäalueella ongelmallinen, varsinkin, jos liikennettä on paljon.

Kiertoliittymien turvallisuudesta on saatu hyviä tuloksia. Henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteet vaihtelevat välillä 0,08 - 0,12 (onnettomuutta / miljoona liittymään saapuvaa ajoneuvoa). Kiertoliittymien sopivia käyttökohteita ovat liittymät, joissa on aiemmin tapahtunut paljon vakavia onnettomuuksia. Lisäksi niitä käytetään taajamaväylien porttikohdissa ja pääliittymissä. Kiertoliittymä antaa myös muita liittymätyyppejä paremman mahdollisuuden toteuttaa kaunis ja ympäristöön sopiva liikennetila.

Liikenteenvälityskykyä on tutkittu kahdessa kiertoliittymätyypissä neljällä eri laskentamallilla. Tutkitut liittymät ovat käsikirjan ARGUS tyyppiliittymiä. Liikenteenvälityskyvyn laskentamalleista tutkittiin norjalaista ja tanskalaista käsinlaskentamenetelmää sekä ohjelmia ARCADY2 ja CAPCAL. Laskentamalleista tehdyn vertailun perusteella näyttää siltä, että ARCADY2 on kiertoliittymien välityskyvyn laskentamalleista käyttökelpoisin. Kiertoliittymiä voi maksimivälityskyvyltään verrata suuriin kanavoituihin valo-ohjattuihin liittymiin. Pienillä liikennevirroilla kiertoliittymissä on pienemmät keskimääräiset viivytykset kuin valo-ohjatuissa liittymissä ja pysähtymään joutuneita on vähemmän. Kiertoliittymissä ei pääsuunnalle voi kuitenkaan antaa etuisuuksia. Kiertoliittymät sopivatkin liittymiin, joissa pää- ja sivusuunnat ovat samanarvoisia tai sivusuunnalla on välityskykyongelmia.

ABSTRACT

This study: Roundabouts and the Capacity of Roundabouts, was prepared under an agreement on research cooperation signed between consulting engineers Tampereen Viatek Oy and Tampere University of Technology. The supervisor was Professor Olli-Pekka Hartikainen.

In Finland there is not many roundabouts. Many other countries use roundabouts much more and they have good experiences on them. This study was started because there were too little knowledge on roundabouts in Finland available to design them. The problems that were studied are: where to use roundabouts, how to design them and what is the safety and capacity of roundabouts. The countries that were studied are Great Britain, Norway, Denmark, Sweden and Finland.

The principles of using and designing roundabouts and the safety aspects were surveyed by a literature study and interviews.

Roundabouts work well and flexibly, when offside priority rule is in use. When this priority rule is in use, the junction will not lock even under quite heavy traffic. Finland and Norway make an exception in studied countries, because the offside priority rule is in these countries not in use in every roundabout.

The layout of roundabouts should be compact. This means, that the driving distance in circulating carriageway is short. In studied countries a normal roundabout has a central island diameter of 10 - 30 m. Roundabouts should be designed so, that it is not possible to drive straight through the junction with high speed. Pedestrian and cyclist routes should not situate very near the junction. Pedestrians and cyclists cause problems at the junction area, when there is much traffic.

The results of roundabout safety are very good. The accident rate in accidents with personal injuries vary in studied countries from 0,08 to 0,12 (accidents /10⁶ vehicles entering the junction). Good sites to use roundabouts are junctions, that used to have poor safety results in fatality accidents. Roundabout can also work as a gate, when a road enters town area. Roundabouts make it possible to create beautiful traffic area.

The capacity of roundabouts were studied in two roundabouts with four different calculation models. The roundabouts that were studied are examples from Swedish advice book ARGUS. The models, that were studied are Norwegian and Danish manual calculation model and computer programs CAPCAL and ARCADY2. After comparing the calculation models it seems that ARCADY2 is the most suitable model to calculate the traffic capacity of roundabouts. The capacity of roundabouts is as good as the capacity of large junctions with traffic lights. During periods, when there is not much traffic, delays are smaller in roundabouts than in junctions with traffic lights. In roundabout there is not possible to favor the main stream. Roundabouts are suitable junction types in sites where all streams have equal importance and also if there are problems with capacity in minor streams.

ALKUSANAT

Kiertoliittymän suosio on kasvanut viime vuosina pohjoismaissa ja Suomessa. Ruotsissa julkaistiin vuonna 1987 uusien suunnitteluperiaatteiden mukaiset kiertoliittymien suunnitteluohjeet (ARGUS). Suomessa on otettu samat suunnitteluperiaatteet käyttöön tielaitoksen syksyllä 1990 julkaisemassa raportissa kiertoliittymien suunnitteluperiaatteista. Siinä oli kuitenkin vain suppeasti käsitelty liittymän välityskykyasioita ja teknistä mitoitusta.

Tämä raportti sisältää pohjoismaisten ja englantilaisten suunnitteluohjeiden tarkastelun ja kiertoliittymien välityskykyyn vertailun muihin tasoliittymätyyppeihin.

Selvityksen on tehnyt diplomityönä DI Sirpa Jormalainen Tampereen Viatek Oy:n, tiehallituksen kehittämiskeskuksen ja Hämeen tiepiirin rahoituksella. Työtä on valvonut professori Olli-Pekka Hartikainen. Työn ohjausryhmään ovat hänen lisäksi kuuluneet DI Tenho Aarnikko tiehallituksen kehittämiskeskuksesta, DI Sakari Suominen Hämeen tiepiiristä, Ins. Pekka Tuomiranta Tampereen Viatek Oy:stä ja DI Harri Rauhamäki Tampereen teknillisestä korkeakoulusta.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 9

2. KIERTOLIITTYMÄ LIITTYMÄTYYPINÄ 10

3. KIERTOLIITTYMÄT MUISSA MAISSA 14

3.1 Iso-Britannia 14

3.1.1 Kiertoliittymän historiaa 14

3.1.2 Kiertoliittymien perustyytit 15

3.1.3 Käyttökohteet 20

3.1.4 Suunnitteluperiaatteet 21

3.1.5 Turvallisuuskäsitteet suunnittelussa 28

3.1.6 Kiertoliittymien turvallisuus 30

3.2 Norja 32

3.2.1 Kiertoliittymien käyttö ja suunnittelu 32

3.2.2 Kiertoliittymistä saadut kokemukset 33

3.3 Tanska 36

3.3.1 Kiertoliittymien käyttö ja suunnittelu 36

3.3.2 Polkupyöräilijöiden huomioonottaminen 41

3.4 Ruotsi 43

3.4.1 Kiertoliittymien käyttö 43

3.4.2 Suunnitteluperiaatteet 45

3.4.3 Kiertoliittymien turvallisuus 52

3.4.4 Kiertoliittymän ja valo-ohjatun liittymän vertailu 56

4. KIERTOLIITTYMÄT SUOMESSA 58

4.1 Kiertoliittymien käyttö 58

4.2 Kiertoliittymien uudet suunnitteluperiaatteet 58

5. KIERTOLIITTYMIEN LIIKENTEENVÄLITYSKYVYN LASKENTAMALLIT	60
5.1 Iso-Britannia	60
5.1.1 Laskentamallien kehitys	60
5.1.2 ARCADY2	64
5.2 Norja	69
5.3 Tanska	70
5.4 Ruotsi	73
6. LASKENTAMALLIEN VERTAILU JA LIIKENTEENVÄLITYSKYKY VERRATTUNA MUIHIN TASOLIITTYMIIN	80
6.1 Laskentamallien vertailu	80
6.1.1 Lähtökohdat	80
6.1.2 Tulokset	83
6.1.3 Johtopäätökset ja suositukset	89
6.2 Kiertoliittymän liikenteenvälityskyky verrattuna muihin tasoliittymiin	91
6.2.1 Taustaa	91
6.2.2 Tulokset	93
7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	96
7.1 Kiertoliittymien turvallisuus	96
7.2 Kiertoliittymien välityskyky	97
KIRJALLISUUSLUETTELO	99
MUU KIRJALLISUUS	101
VIERAILUT ULKOMAILLA	102

LIITE 1 Esimerkki välityskykylaskennasta ohjelmalla ARCADY2

LIITE 2 " ohjelmalla CAPCAL

LIITE 3 " norjalaisella menetelmällä

LIITE 4 " tanskalaisella menetelmällä

1. JOHDANTO

Työn tarkoituksena on selvittää kiertoliittymien käyttöä, suunnittelua, liikenneturvallisuutta ja liikenteenvälityskykyä. Tarkasteltaviksi maiksi on Suomen lisäksi valittu Iso-Britannia, Ruotsi, Norja ja Tanska. Pohjoismaat ovat tarkastelussa mukana, koska olosuhteet ovat samantapaiset kuin Suomessa. Muissa Pohjoismaissa kiertoliittymien käyttö on selvästi yleistynyt ja saadut kokemukset ovat pääosin hyviä. Iso-Britanniassa kiertoliittymät ovat hyvin paljon käytetty liittymätyyppi ja niihin liittyvää tutkimustyötä on tehty paljon. Suomen ohjeisto kiertoliittymien suunnittelusta on hyvin vähäistä. Suunnitteluohjelmien kehittämisessä tarvitaan taustatietoa, jota tähän työhön on koottu.

Kiertoliittymien toimintatapa on muuttunut uuden etuajo-oikeussäännön myötä. Aikaisemmin etuajo-oikeus oli kiertoliittymään liittyvällä liikenteellä. Suuret liikennemäärät aiheuttivat kuitenkin liittymän tukkeutumisen, koska kiertoympyrään syntyi jonoja. Sekoittuminen tapahtui kiertoympyrässä. Tätä toimintatapaa on usein verrattu siihen, että linja-autoon päästettäisiin pysäkillä odottavat matkustajat sisään ennenkuin pysäkillä jäävät matkustajat päästetään ulos.

Nykyään kiertoliittymät toimivat useimmissa maissa periaatteella, jossa kiertävällä liikenteellä on etuajo-oikeus. Tällöin sekoittuminen tapahtuu liittymisalueella eli alueella, jossa tulohaarat kohtaavat kiertoympyrän. Kiertoliittymän käyttökelpoisuus ja liikenteenvälityskyky on lisääntynyt toimintatavan muuttumisen myötä. Myös kiertoliittymien suunnitteluperiaatteet ovat muuttuneet. Tässä työssä on kartoitettu uudentyyppisistä kiertoliittymistä saadut kokemukset.

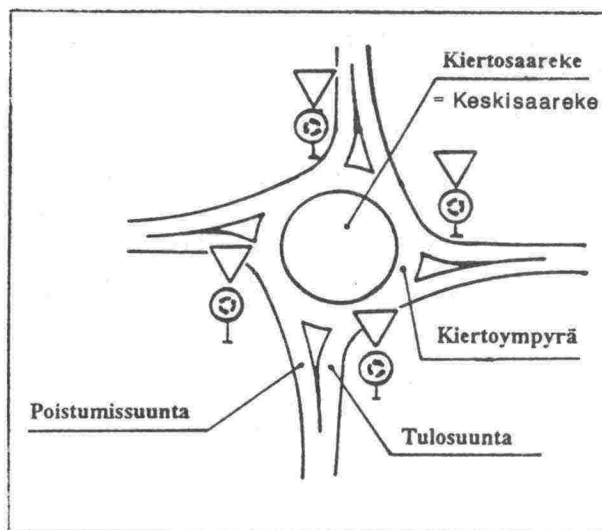
Vanhoilla suunnitteluperiaatteilla tehtyjä kiertoliittymiä on mm. Suomessa muutettu hyvin paljon valo-ohjatuiksi liittymiksi. Samanlainen kehitys on ollut useissa maissa ennen kiertoliittymän toimintatavan muuttumista. Suomessa ei kiertoliittymien purkamisvaihetta ole kuitenkaan seurannut uudentyyppisten kiertoliittymien käyttöönottoaihe niin voimakkaasti kuin muissa tarkasteltavissa maissa.

Tarkasteltavissa maissa on eroja kiertoliittymien suunnitteluperiaatteissa ja saaduissa kokemuksissa kiertoliittymien turvallisuudesta sekä liikenteenvälityskyvystä. Kirjallisuusselvitysosassa tarkastellaan suunnitteluperiaatteita ja kiertoliittymien liikenneturvallisuutta maittain. Liikenteenvälityskykyä on tutkittu eri laskentamalleilla kahdessa kiertoliittymässä. Tutkitut laskentamallit ovat norjalainen ja tanskalainen käsinlaskentamenetelmä sekä ruotsalainen liikenteenvälityskyvyn laskentaohjelma CAPCAL ja englantilainen kiertoliittymien välityskykylaskentaan kehitetty ohjelma ARCADY2.

Tutkitut kiertoliittymät ovat tyyppiliittymiä ruotsalaisesta käsikirjasta ARGUS. Ensimmäisessä kiertoliittymässä kiertoympyrä on yksikaistainen ja toisessa kaksikaistainen. Myös liittyvien teiden kaistamäärissä on eroja. Käsikirjan ARGUS periaatteilla suunniteltuja kiertoliittymiä Tielaitos suosittelee myös Suomen olosuhteisiin.

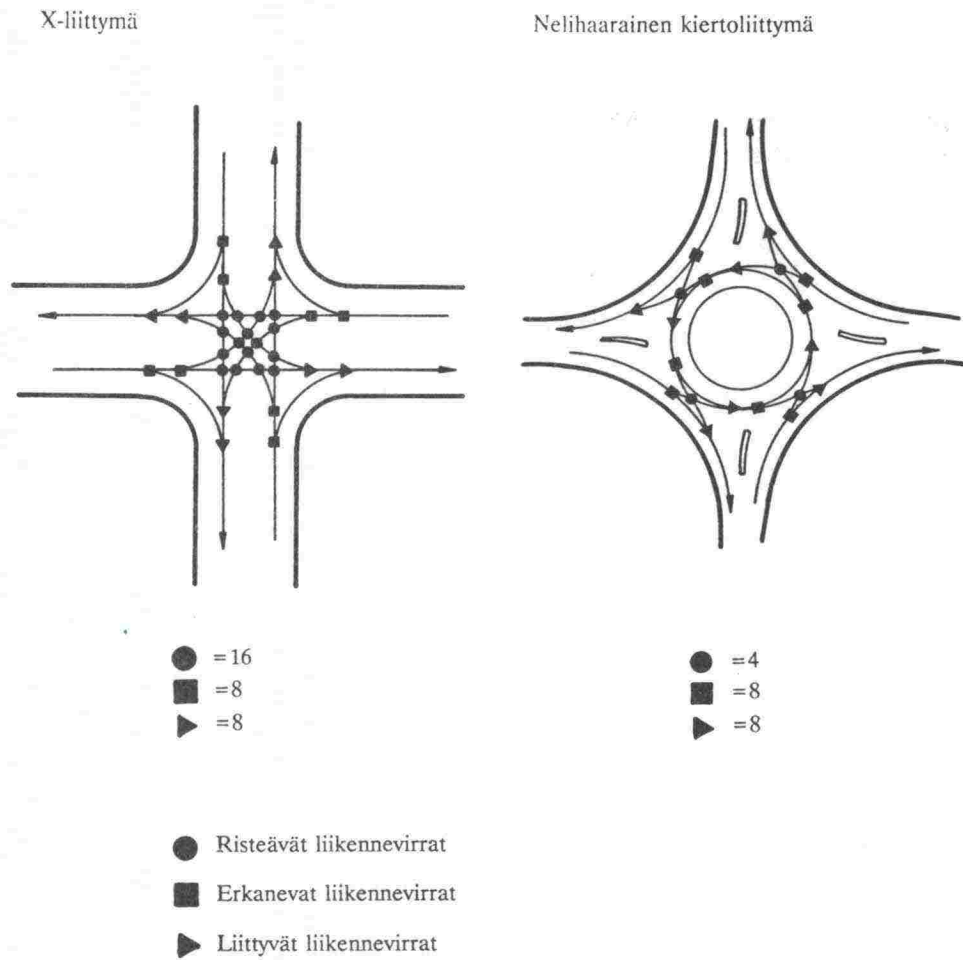
2. KIERTOLIITTYMÄ LIITTYMÄTYYPPINÄ

Kiertoliittymän toiminta perustuu siihen, että kaikki liikenne kiertää liittymän keskellä olevaa ympyränmuotoista saarekettä yksisuuntaisesti. Kiertosuunta on vastapäivään kaikissa maissa, joissa on oikeanpuoleinen liikenne. Kuvassa 1 on esitetty kiertoliittymän perusmuoto ja peruselementit.



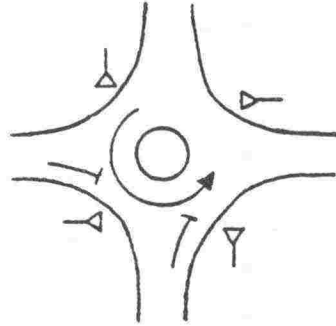
Kuva 1. Kiertoliittymän perusmuoto. /13/

Verrattuna tavalliseen T- tai X- liittymään vasemmalle kääntyminen on kiertoliittymässä turvallisempaa. Kiertoliittymässä tulosuuntaan nähden vasemmalle kääntyminen on muutettu kahdeksi oikealle kääntymiseksi. Kuvassa 2 on esitetty konfliktipisteiden määrä nelihaara- ja kiertoliittymässä. Kiertoliittymässä on vain neljäsosa konfliktipisteitä risteävien liikennevirtojen välillä nelihaaraliittymään verrattuna. Kiertoliittymissä tapahtuneet onnettomuudet ovat yleensä lievempiä kuin muissa tasoliittymissä.

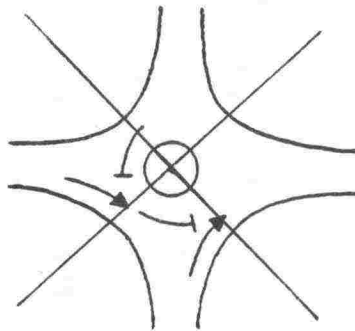


Kuva 2. Konfliktipisteet nelihaara- ja kiertoliittymässä. /32/

Kiertoliittymälle on ominaista keskisaareketta kiertävän liikenteen etuajo-oikeus (kuva 3). Tämä etuajo-oikeussääntö on tarkasteltavista maista voimassa kaikissa kiertoliittymissä Iso-Britanniassa, Ruotsissa ja Tanskassa. Suomessa ja Norjassa tulosuunnalle ei aina ole asetettu väistämisvelvollisuutta. Etuajo-oikeus on ollut mahdollista antaa myös oikealta tuleville (kuva 4). Tämä käytäntö oli ennen voimassa useissa maissa, mutta sen todettiin aiheuttavan kiertoliittymien ruuhkautumista. Käytäntöä on sovellettu Norjassa ja Suomessa vanhoissa kiertoliittymissä, joissa on usein vähän liikennettä ja onnettomuuksia. Norjassa suunnitellaan yhtenäistä etuajo-oikeussääntöä kaikille kiertoliittymille. Tämä edellyttää useiden vanhojen kiertoliittymien geometrian parantamista. Suomessa Tielaitos suosittelee, että etuajo-oikeus annetaan kiertävälle liikennevirralle.

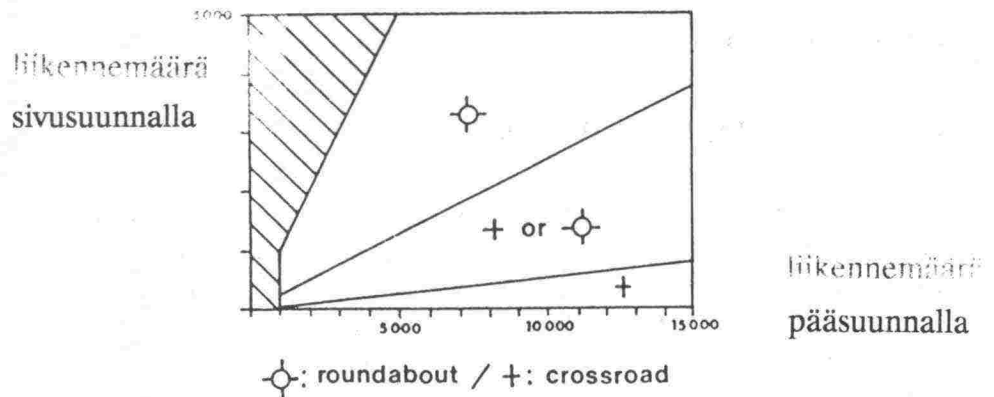


Kuva 3. Etuajo-oikeussuhteet kiertoliittymässä. /32/



Kuva 4. Vanhentunut etuajo-oikeuskäytäntö. /32/

Kiertoliittymälle on ominaista myös se, että kaikkien täytyy hidastaa vauhtia liittymään saavuttaessa, mutta harvojen täytyy kokonaan pysähtyä. Tulosuuntia ei kiertoliittymässä voi jakaa pää- ja sivusuuntiin, vaan kaikki suunnat ovat toiminnalliselta kannalta tasa-arvoisia. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin vähäliikenteisempää suuntaa nimitetty sivusuunnaksi ja runsasliikenteisempää pääsuunnaksi. Kiertoliittymän liikenteenvälityskyky vastaa sekä pää-, että sivusuunnissa kanavoidun valo-ohjatun liittymän välityskykyä. Kiertoliittymä soveltuu liittymiin, joissa on melko tasainen virtajakautuma pää- ja sivusuuntien välillä (kuva 5). Kiertoliittymä on myös usein kaupunkikuvan kannalta kaunis ratkaisu ja se voi toimia paikallistamiskohteena.



Kuva 5.

Pää- ja sivusuuntien virtajakautuman vaikutus liittymätyypin valintaan. /4/

Kiertoliittymien käyttö ja suunnittelu vaihtelee maittain. Eniten kierteoliittymiä käytetään Iso-Britanniassa. Pohjoismaissa kierteoliittymien käyttö on ollut huomattavasti vähäisempää, mutta se on kasvanut viime vuosikymmenellä. Taulukossa 1 on esitetty kierteoliittymien lukumäärät ja koot tarkastelluissa Pohjoismaissa. Suunnitteluperiaatteet eivät ole tarkasteltavissa maissa yhtenäiset. Tämä johtuu paitsi erilaisesta käytännöstä myös erilaisista olosuhteista.

Taulukko 1. Kiertoliittymät Pohjoismaissa

Maa	kierteoliittymien lukumäärä	laskentavuosi	kierteoliittymätyypit
Norja	n. 50	1984	pieniä ja keskikokoisia
Tanska	n. 200	1990	pieniä ja keskikokoisia
Ruotsi	n. 150	1988	pääasiassa suuria
Suomi	n. 30	1990	keskikokoisia ja suuria

3. KIERTOLIITTYMÄT MUISSA MAISSA

3.1 Iso-Britannia

3.1.1 Kiertoliittymän historiaa

Ympyrän muotoiset alueet ilmestyivät kaupunkikuvaan jo kauan ennen autoliikennettä. Näiden sisälle sijoitettiin patsaita, suihkulähteitä ja muita nähtävyyksiä. Hitaan ja vähäisen liikenteen oli sallittua kulkea ympyröiden ympäri molempiin suuntiin. 1900-luvun alussa kiertoympyrä muutettiin yksisuuntaiseksi. Tällöin rakennettiin myös, Sollershott Circus, ensimmäinen keskisaareketta yksisuuntaisesti kiertävälle liikenteelle suunniteltu ympyrä.

1920-luvulla Iso-Britanniassa rakennettiin lukuisia kiertoliittymiä. Niiden suunnitteluperiaatteena oli, että sekoittuminen tapahtuu kiertoympyrässä. Suuret liikennemäärät tarvitsivat pitkät sekoittumisalueet ja kiertoliittymistä tuli hyvin suuria.

Vuonna 1946 Iso-Britanniassa julkaistiin ohjetaulukko kiertoliittymien suunnittelua varten. Siinä oli annettu eri liikennemäärien vaatima kiertoliittymän minimikoko. Myöhemmin todettiin, että kiertoliittymällä on myös maksimikoko. Viisi- tai kuusikaistaiset kiertoväylät ja pitkät sekoittumisalueet eivät enää lisää välityskykyä, sillä ajonopeudet kasvavat suuriksi ja liikennevirtaan liittyminen ja sekoittuminen vaikeutuvat.

Suurissa liikenneympyröissä alkoi esiintyä ongelmia 1950-luvulla, koska liikennemäärät olivat kasvaneet voimakkaasti. Kiertoliittymien mahdollisuuksia toimia tulevaisuudessa alettiin epäillä ja niitä muutettiinkin valo-ohjatuiksi sekä eritasoliittymiksi.

Määräämätön tai liittyvän liikenteen etuajo-oikeus aiheutti kiertoliittymän tukautumisen suurilla liikennemäärillä. V. 1966 annettiin Iso-Britanniassa etuajo-oikeus kiertoliittymässä ajaville ajoneuvoille. Uuden etuajo-oikeussäännön vaikutukset olivat huomattavat. Ajokäyttäytyminen muuttui siten, että sekoittumistoimintojen sijaan kuljettajan tehtäväksi tuli käyttää kiertävän liikenteen aikavälejä liittyäkseen siihen. Vanhat, perinteiset ympyrät suunniteltiin suuriksi, jotta saataisiin tarpeeksi pitkät sekoittumisalueet. Uuden etuajo-oikeussäännön käyttöönoton myötä huomattiin, että tärkein kiertoliittymän toimintaan vaikuttava tekijä on riittävät aikavälit kiertävässä liikenteessä. Huomattiin, että pienet ympyrät pystyvät välittämään suuria liikennemääriä. Useita valo-ohjattuja ja -ohjaamattomia tasoliittymiä sekä perinteisiä kiertoliittymiä muutettiin uudenlaisiksi kiertoliittymiksi. /28/

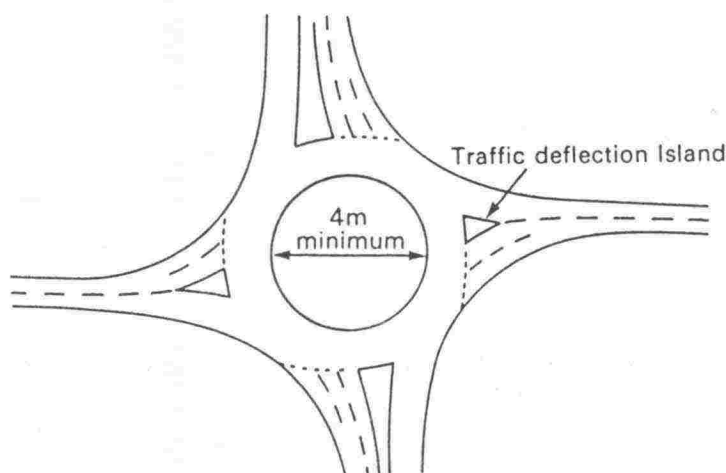
Paitsi liittymien välityskyky, myös niiden turvallisuus parani useissa tapauksissa etuajo-oikeussäännön muuttumisen myötä. Poikkeuksen muodostivat perinteisten kiertoliittymien muuttaminen uudentyyppisiksi.

V. 1971 julkaistiin Iso-Britanniassa ensimmäiset suunnitteluohjeet kiertoliittymille, jotka toimivat uudella etuajo-oikeusperiaatteella. Niitä on täydennetty vuosina 1975 ja 1984. Kiertoliittymä on Iso-Britanniassa varsin paljon käytetty liittymätyyppi ja sen käyttömahdollisuudet tutkitaan säännönmukaisesti, kun uusia liittymiä rakennetaan. Uudentyyppistä kiertoliittymää pidetään yksinkertaisena, tehokkaana ja turvallisenä liittymätyyppinä. /28/

3.1.2 Kiertoliittymien perustyyppit

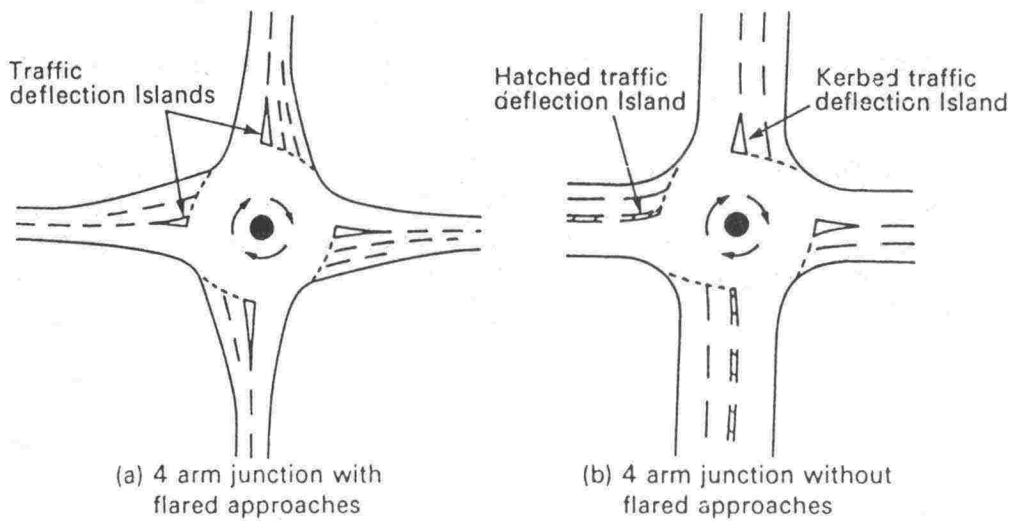
Iso-Britanniassa kiertoliittymiä käytetään paljon sekä taso- että eritasoratkaisuissa. Perustyyppejä on kuusi.

Normaaliksi kiertoliittymäksi luokitellaan kiertoliittymä, jossa on korotettu keskisaareke halkaisijaltaan yli 4 m. Liittymisaluetta levennetään usein, jotta useat rinnakkain jonottavat ajoneuvot voivat käyttää samaa aikaväliä liittyessään kiertävään liikennevirtaan (kuva 6). /8,21/



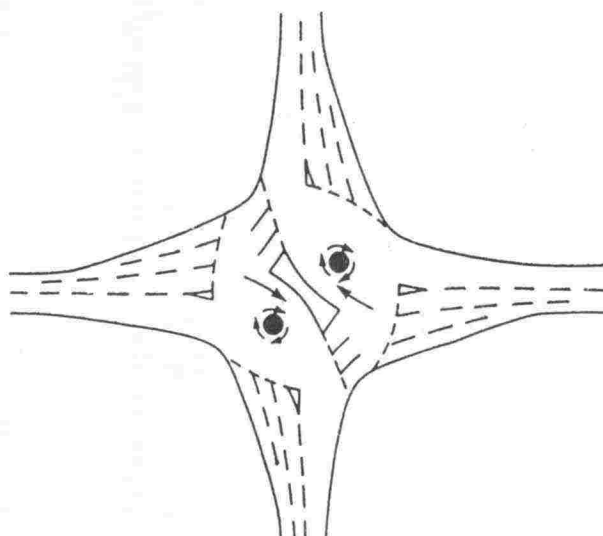
Kuva 6. Normaali kiertoliittymä Iso-Britanniassa (vasemmanpuoleinen liikenne). /21/

Minikiertoliittymässä keskisaarekkeen halkaisija on alle 4 m. Se voi olla vähän korotettu tai korottamaton. Keskisaarekkeen korkeus saa olla korkeintaan 125 mm, eikä sille voi sijoittaa viitoitusmerkkejä, valaisinpylväitä tai muita esteitä (kuva 7). Suuret ajoneuvot voivat ajaa osittain keskisaarekkeen päältä. Liittymä on rakennettava siten, että kuljettajat tietävät hyvissä ajoin lähestyvänsä kiertoliittymää. Minikiertoliittymää ei suositella alueille, joissa nopeusrajoitus on yli 50 km/h. Minikiertoliittymässä kevyen liikenteen turvallisuus on huonompi kuin muissa kiertoliittymätyypeissä. Tämä johtuu siitä, että minikiertoliittymässä on pienet etäisyydet eri tulosuuntien välillä ja liittymään tulevien ajoneuvojen kuljettajien täytyy seurata erityisen tarkasti liittymässä jo olevia muita ajoneuvoja ja käyttää nopeasti havaitsemansa aikavälit. Ajoneuvoon nähden sivulta tuleva kevyt liikenne voi jäädä helposti huomaamatta. Jos kevyttä liikennettä on paljon, on valo-ohjattu liittymä minikiertoliittymää turvallisempi vaihtoehto. /8/

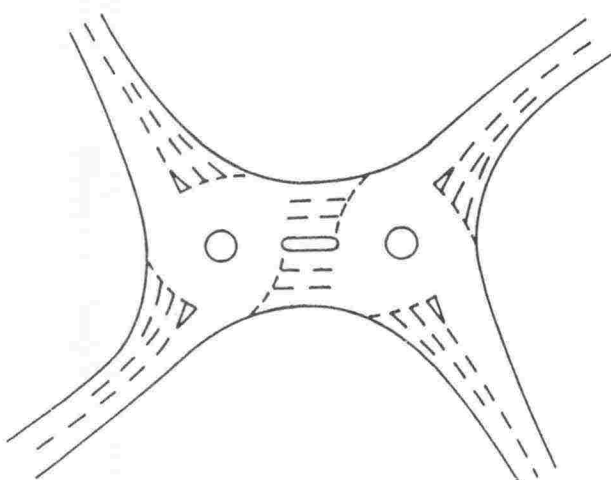


Kuva 7. Minikiertoliittymät Iso-Britanniassa (vasemmapuoleinen liikenne).
/21/

Kaksois-kiertoliittymässä on sijoitettu kaksi normaalia tai miniympyrää samaan liittymään. Ne voivat sijaita myös pienen yhdyslinkin päässä toisistaan (kuva 8). Uusimmissa kiertoliittymien suunnitteluohjeissa rohkaistaan käyttämään tätä liittymätyyppiä. Kaksoiskiirtoliittymiä käytetään liittymissä, joissa on enemmän kuin neljä tulohaaraa tai ne ovat muuten epätavallisia tai epäsymmetrisiä. Niitä käytetään myös parantamaan porrastettuja liittymiä ja normaaleja kiertoliittymiä. Kun tavallinen kiertoliittymä muutetaan kaksoiskiirtoliittymäksi, pyritään siihen, että eniten kuormitettujen tulosuuntien kohdalta vähennetään kiertävää liikennevirtaa. Tällöin kiertoliittymään liittyminen helpottuu ja sen välityskyky paranee. Jos kaksoiskiirtoliittymä koostuu kahdesta miniympyrästä, ei sitä tule käyttää alueilla, joissa nopeusrajoitus on yli 50 km/h. /8/

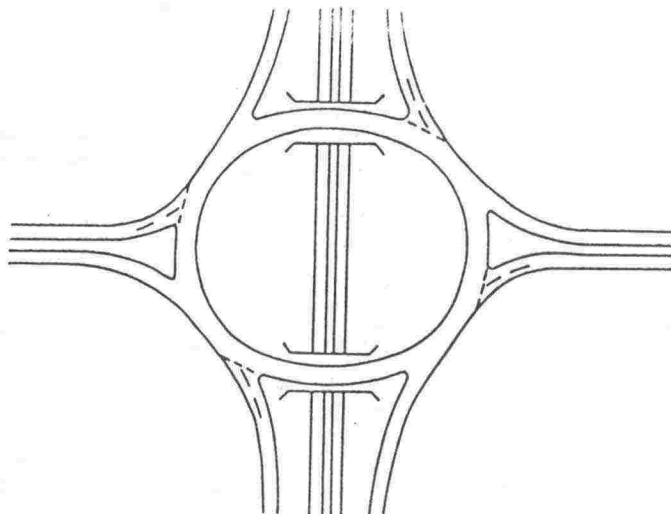


CONTIGUOUS DOUBLE ROUNDABOUT.

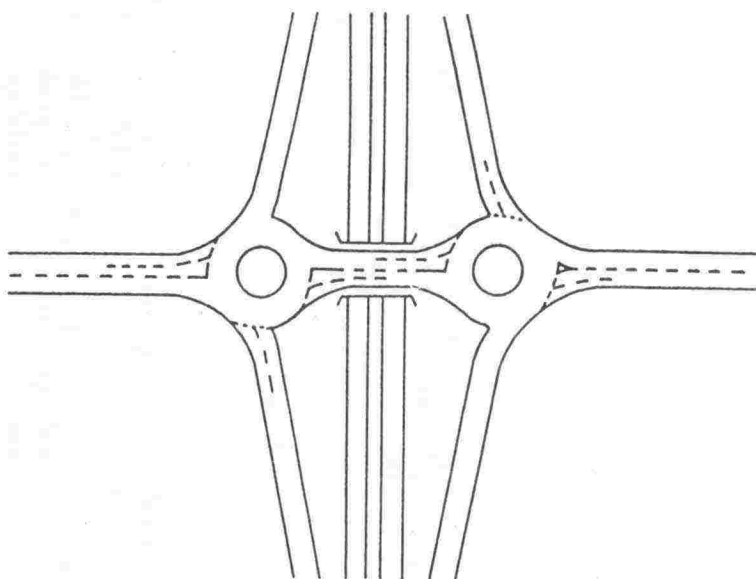
DOUBLE ROUNDABOUT
WITH SHORT CENTRAL LINK ROAD

Kuva 8. Kaksoiskiartoliittymät Iso-Britanniassa (vasemmalla oleva liikenne). /21/

Eritasokiartoliittymää on kahta tyyppiä: kahden sillan kiartoliittymä ja kiartoliittymät rombisessa eritasoliittymässä (kuva 9). Periaatteena on, että vähintään yksi liikennevirta kulkee liittymän läpi suoraan ja loput virrat risteävät toisessa tasossa yhdessä tai useammassa kiartoliittymässä. Kahden sillan kiartoliittymissä on esiintynyt ongelmia niiden suuren koon vuoksi. Suuressa kiartoliittymässä ajonopeudet kasvavat suuriksi ja liittymään liittyminen vaikeutuu. Tällöin myös liittymän turvallisuus heikkenee. Tätä kiartoliittymätyyppiä suunniteltaessa on suuren koon aiheuttamat vaikeudet liittymän toiminnassa otettava huomioon ja pyrittävä mahdollisimman tiiviiseen ratkaisuun. Kiertoliittymät ramppien päissä rombisessa eritasoliittymässä on hyvä vaihtoehto tavallisen rombisen eritasoliittymän ja kahden sillan kiartoliittymän välillä. Sen hyvinä puolina ovat tiivis rakenne ja alhaiset rakentamiskustannukset. /8,21/



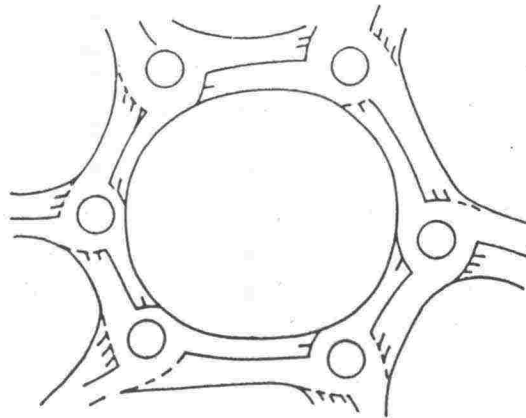
Two Bridge Roundabout at Grade-Separated Interchange.



Grade-Separated Interchange with One Bridge and Two Roundabouts-Dumbbell Interchange.

Kuva 9. Eritasokiertoliittymät Iso-Britanniassa (vasemmanpuoleinen liikenne). /21/

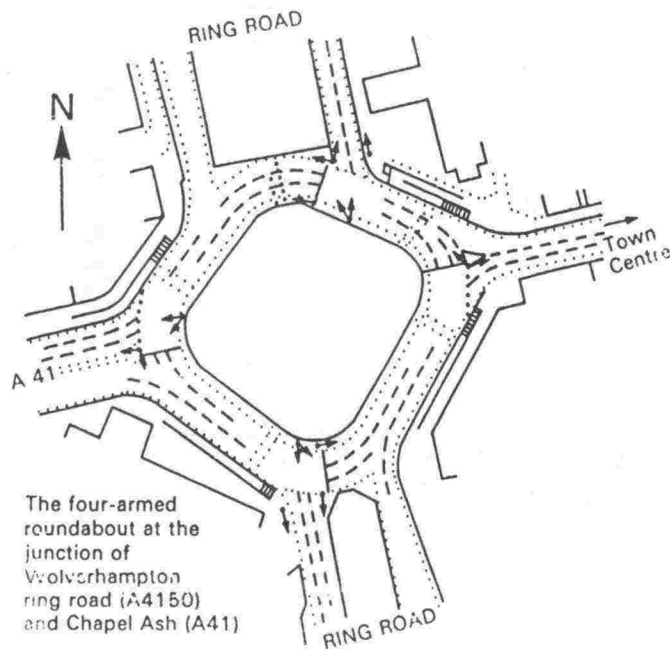
Rengas-kiertoliittymässä on ympyrän kehälle sijoitettu pieniä normaaleja tai miniympyröitä jokaiselle tulosuunnalle (kuva 10). Ympyrän kehällä liikenne kulkee molempiin suuntiin. Jos suuressa normaalissa kiertoliittymässä on välityskykyongelmia, voidaan se muuttaa rengas-kiertoliittymäksi. Eräs erittäin suuri kiertoliittymä Iso-Britanniassa muutettiin rengas-kiertoliittymäksi ja tutkimustulosten mukaan liittymän välityskyky parani ja sen turvallisuus pysyi ennallaan. Rengas-kiertoliittymän viitoitus tulee suunnitella erityisen huolellisesti. /8/



Ring junction layout with small normal or mini roundabouts.

Kuva 10. Rengas-kiertoliittymä Iso-Britanniassa (vasemmanpuoleinen liikenne).
/21/

Valo-ohjattu kiertoliittymä luetaan joskus omaksi kiertoliittymätyypikseen (kuva 11). Valo-ohjaus voi olla yhdellä tai useammalla tulohaaralla. Valo-ohjausta käytetään usein vain osa-aikaisesti helpottamaan liittymän toimivuutta huipputuntina /21/



Kuva 11. Valo-ohjattu kiertoliittymä Iso-Britanniassa (vasemmanpuoleinen liikenne).
/21/

3.1.3 Käyttökohteet

Iso-Britanniassa liittymätyypiksi valitaan usein kiertoliittymä. Valinnan perusteena korostetaan toimivuutta, turvallisuutta, taloudellisuutta sekä ympäristöön sopivuutta.

Kiertoliittymiä käytetään pääsääntöisesti silloin, kun sivuvirta on voimakas tai kääntyviä ajoneuvoja on paljon. Yleisesti kiertoliittymiä suositellaan käytettävän neliahaaraliittymissä. Jos eri tulosuuntien liikennemäärät ovat samaa suuruusluokkaa, toimii kiertoliittymä hyvin myös liittymissä, joissa on useampia tulohaaroja. Usein normaali kiertoliittymä on rakennettava suureksi, jos tulohaaroja on paljon. Vaihtoehtoisena ratkaisuna käytetään kaksoiskiirtoliittymää. /8/

Kiertoliittymää käytetään myös tien kohdissa, joissa kuljettajilta vaaditaan alhaista ajonopeutta ja erityistä tarkkaavaisuutta. Tällaisia kohtia on esim. tien muuttuessa kaksiajorataisesta yksiajorataiseksi, tieluokan muuttuessa, saavuttaessa kaupunkialueelle ja tien jyrkissä käänöksissä.

Tieluokka ei aseta rajoitusta kiertoliittymän käytölle. Korkealuokkaisilla väylillä käytetään eritasoratkaisuja, joissa sivuvirta sekä liittyvä ja erkaneva liikenne risteää kiertoliittymässä eri tasossa päävirran kanssa.

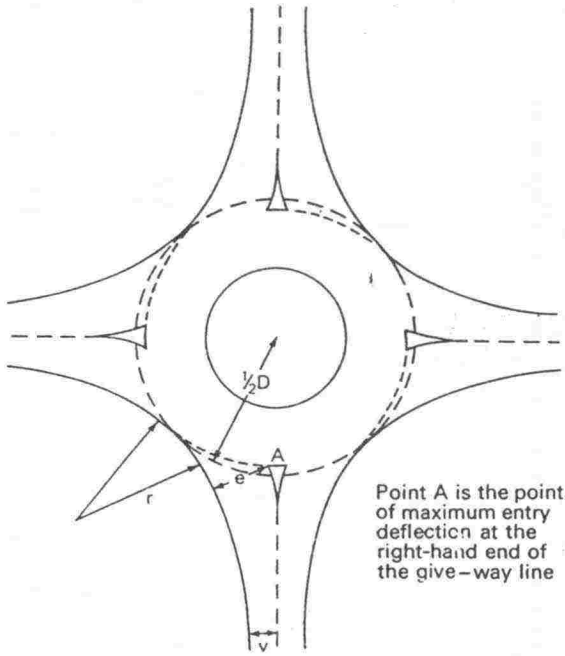
Kiertoliittymä muotoillaan siten, että suurin mahdollinen ajonopeus liittymässä on 50 km/h. Korkeamman nopeusrajoituksen omaavilla väylillä on tärkeää, että tien geometriassa tapahtuva muutos näkyy kauas. Miltään suunnalta ei liittymän läpi saa päästä ajamaan suoraan, vaan kaikki suunnat tulee muotoilla kaartuviksi. Tärkeä osa liittymän havaittavuudessa on myös valaistuksella ja viitoituksella. /22/

Liittymäalueen tulee sijaita mieluummin tien tasaisessa kohdassa tai koverassa taitteessa. Kuperassa taitteessa tai sen läheisyydessä liittymää on vaikea havaita. Toisaalta mäen päällä sijaitsevat kiertoliittymät eivät välttämättä ole vaarallisia, jos liikenteenohjaus on hoidettu hyvin liikennemerkkien ja viitoituksen avulla ja näkyvyys itse liittymässä on hyvä.

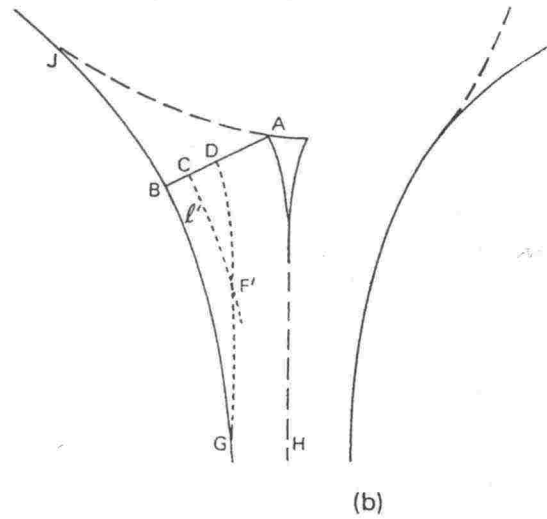
Kaupunkialueilla käytetään joskus alueellisia valo-ohjausjärjestelmiä etuisuuksien järjestämisessä esim. hälytys- ja joukkoliikenneajoneuvoille. Kiertoliittymät eivät sovi tähän järjestelmään, koska liittymässä ajoneuvolta kuluu aikaa on vaikea ennustaa. Myös muulle liikenteelle valo-ohjausjärjestelmissä suunnitellaan vihreitä aaltoja. Tällaiselle tieosalle kiertoliittymä ei myöskään sovellu. Kuusikaistaisille teille kiertoliittymää ei suositella tasoratkaisuna. /8/

3.1.4 Suunnitteluperiaatteet

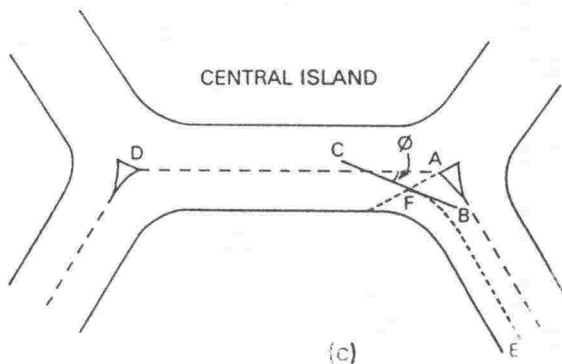
Tärkeimmät kiertoliittymän geometriset ominaisuudet on esitetty kuvissa 12 a, b, c ja d.



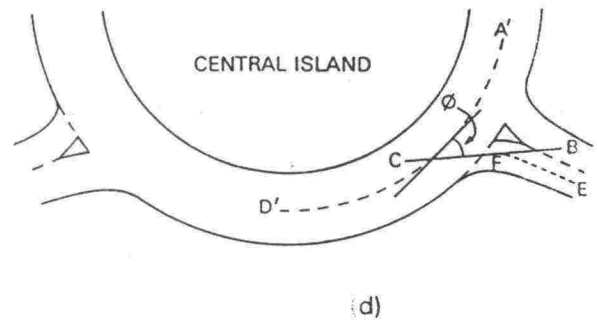
(a)



(b)



(c)



(d)

Kuvat 12 a, b, c ja d.

Kiertoliittymän geometriset ominaisuudet Iso-Britanniassa (vasemmanpuoleinen liikenne). /21/

Kuviin 12 a, b, c ja d liittyvät parametrit

e = tulosuunnan leveys liittymisalueella. Kuvassa 12 a on esitetty e :n mittaustapa. e mitataan pisteestä A kohtisuoraan maalausviivaa tai reunakiveä kohti.

Sisääntuloalueella suositellaan käytettävän vähintään kahta kaistaa, vaikka välityskykyongelmia ei esiintyisikään. Tulosuunnan suurin suositeltava leveys liittymään liittäessä on neljä kaistaa. Kaistan leveys sisääntuloalueella tulee olla vähintään 2,5 m. Kuitenkin on parempi käyttää vähemmän leveitä kaistoja kuin useita kapeita kaistoja. Jos vasemmalle kääntyvää liikennettä on paljon, voidaan sille tehdä oma kaista (vasemmanpuoleinen liikenne). Tällöin vasemmalle kääntyvän liikenteen ei tarvitse sekoittua kiertävään liikennevirtaan.

v = tulosuunnan leveys ennen liittymää

l' = matka, jolla tulosuunta levenee arvosta v arvoon e

l' :n mittaustapa on esitetty kuvassa 12 b. CF' on yhdensuuntainen viivan BG kanssa ja matkan $(e-v)/2$ päässä siitä. Yleensä viiva CF' on kaartuva. l' mitataan viivaa CF' pitkin. l' :n pituus tulee olla vähintään 5 m kaupunkialueilla ja 25 m haja-asutusalueilla. Liittymän välityskykyä voidaan parantaa pidentämällä matkaa l' .

S = tulosuunnan levenemisen jyrkkyys eli

$$S = 1,6 \cdot (e-v) / l'$$

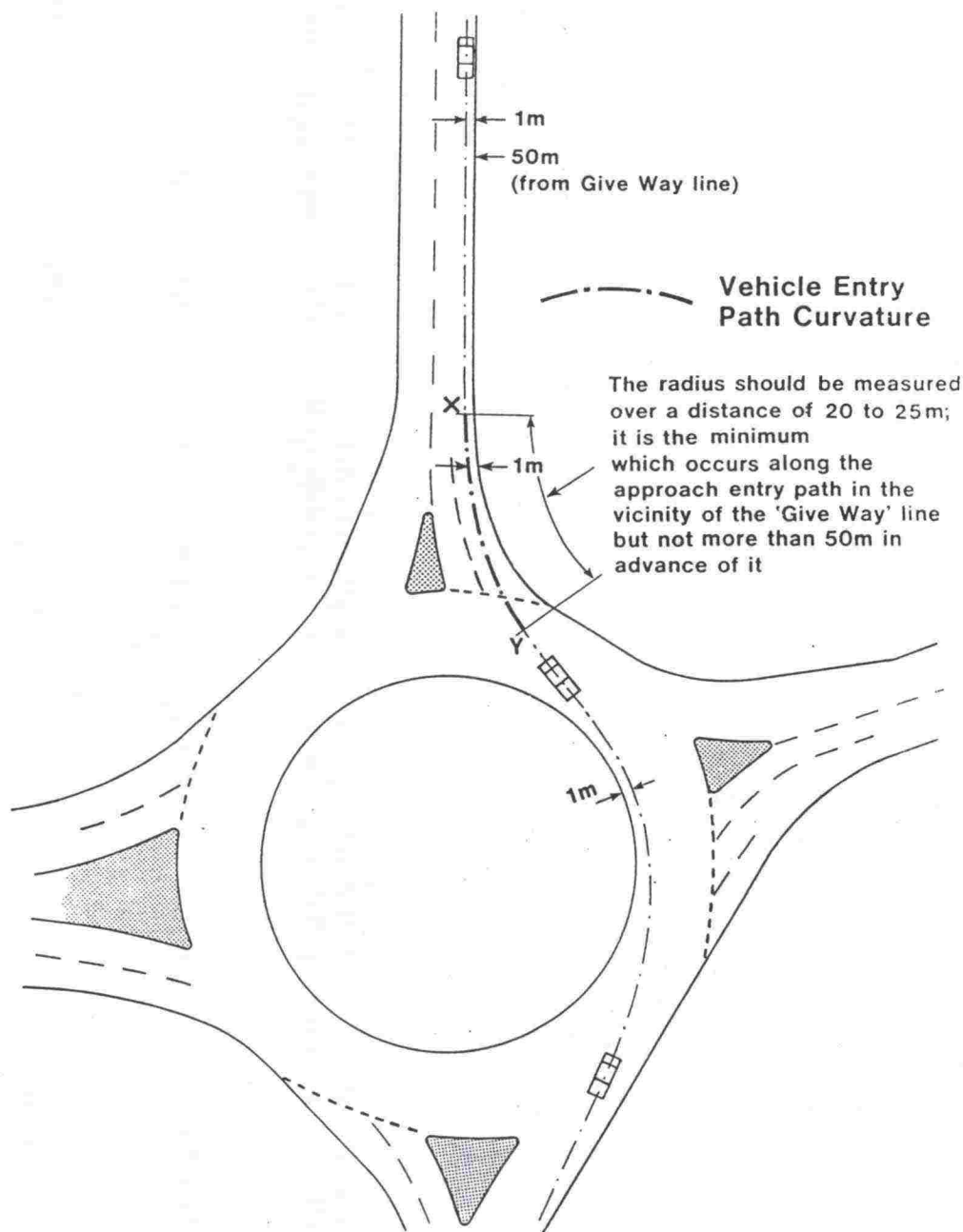
r = säde sisääntulon kohdalla. r on pienin säde maalausviivassa tai reunakiven linjassa. Suositus r :n arvoksi on 6 -100 m. Hyväksi todettu arvo on 20 m ja, jos raskasta liikennettä on paljon, ei r saa olla alle 10 m. Yli 100 m säde sisääntulon kohdalla ei yleensä takaa riittävää taipumaa ajourassa.

\varnothing = tulosuunnan kulma saapuvan ja kiertävän liikenteen välillä. Kuvissa 12 c ja d on esitetty \varnothing :n määrittäminen. Suositus \varnothing :n arvoksi on 20° - 60° . Hyväksi \varnothing :n arvoksi on todettu 30° .

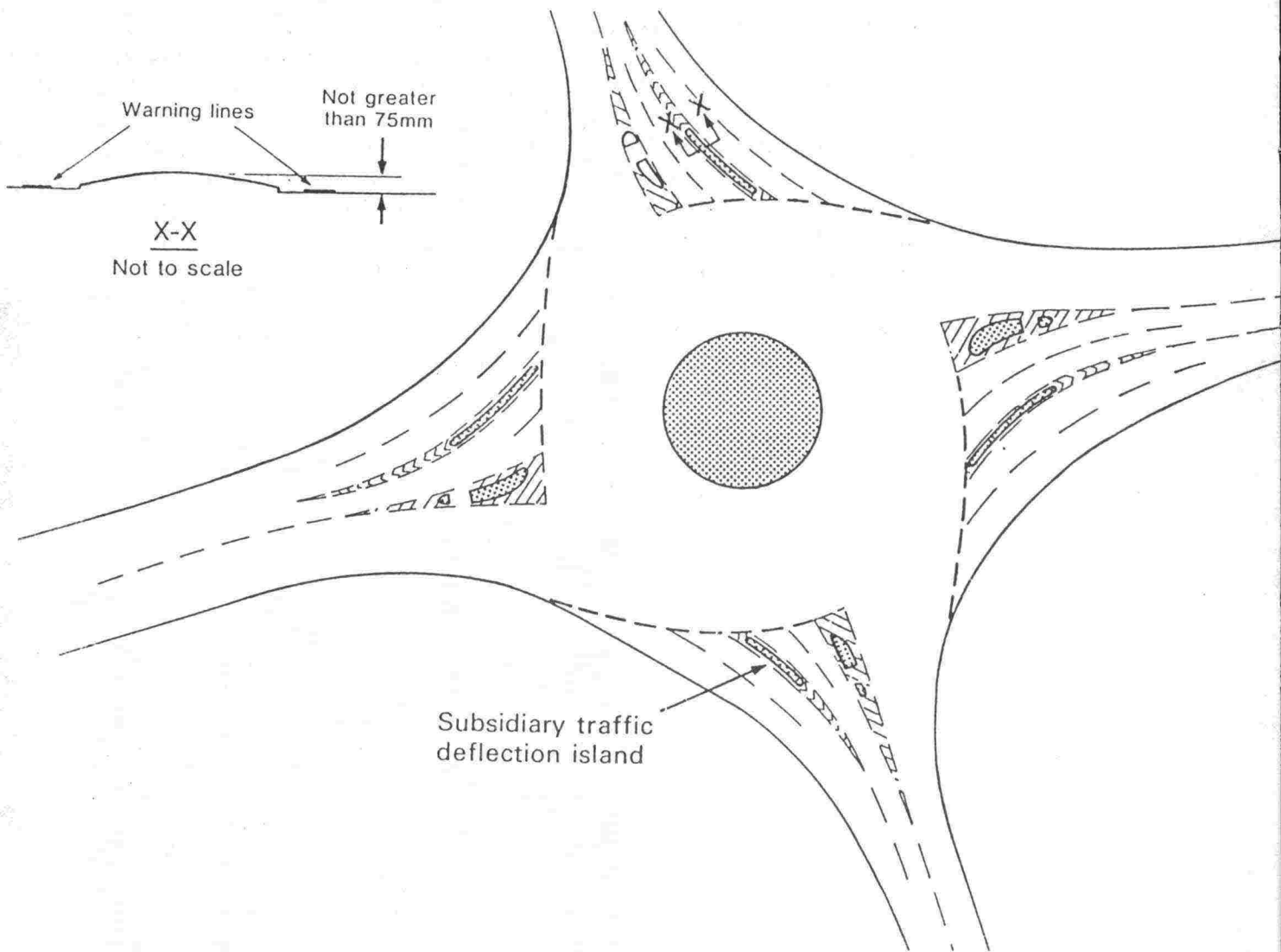
D = liittymän sisälle ajotilan ulkoreunaa pitkin piirretyn ympyrän halkaisija. Kuvassa 12 a on esitetty D :n määrittäminen. /8,9,21/

Ajoura liittymässä on suunniteltava huolellisesti, sillä se on eräs tärkeimpiä turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Ajouran määrittäminen on esitetty kuvassa 13. Ajouran kriittinen säde on pienin säde, joka esiintyy liittymäalueen läheisyydessä. Se on mitattava 20-25 m matkalta, ei kuitenkaan kauempaa kuin 50 m liittymiskohdasta. Kirjallisuudessa käytetään usein ajouran kriittisen säteen käänteislukua C_e (m^{-1}) kuvaamaan ajouran riittävää taipumaa. Ajouran kriittinen säde saa olla korkeintaan 100 m. Tähän on päästävä keskisaareketta suurentamalla, porrastamalla tulohaarat tai lisäämällä liikenteenjakajia. Kuvassa 14 on esitetty liikenteenjakajien lisäysten vaikutus. Englantilaisten ohjeiden mukaan tulohaaroja ei tule suunnitella siten, että ajoura liittymää lähestyessä kääntyy terävästi oikealle ja vasta juuri ennen liittymistä taittuu vasemmalle (vasemmanpuoleinen liikenne).

/8,9/ Tämä poikkeaa esim. ruotsalaisesta käytännöstä /2/.



Kuva 13. Ajoura liittymässä (vasemmanpuoleinen liikenne). /9/



Kuva 14. Liikenteenjakajien lisäys (vasemmanpuoleinen liikenne). /8/

Näkemien mittaustapa kierto liittymässä on esitetty kuvassa 15. Liittymää lähestyvien ajoneuvojen kuljettajien tulee nähdä kierto ympyrä koko leveydeltään joko 50 m matkalta tai edelliseen tulohaaraan saakka, riippuen siitä kumpi matka on lyhyempi. Samoin heidän tulee nähdä seuraavaan tulohaaraan saakka tai kierto ympyrä 50 m matkalta seuraavan tulohaaran suuntaan, riippuen siitä kumpi matka on lyhyempi. Näkemät liittymässä tarkistetaan 15 m päästä liittymiskohdasta kaistan puolivälistä. Jos jollain tulohaaralla on suojatie alle 50 m etäisyydellä liittymästä, on edellisestä tulohaarasta oltava näkemä suojatielle. Kierto ympyrässä ajavien tulee nähdä seuraavaan tulohaaraan saakka tai suurissa kierto liittymissä 50 m matkalta kierto ympyrässä eteenpäin.

C= Circulating Visibility

From any point on the circulating carriageway 2m from the central island to the next exit or (at large roundabouts) 50m whichever is the least.

A= Visibility To Right On Entry

From a point 15m back from the Give Way line, that part of the circulating carriageway to the previous entry or (at large roundabouts) 50m measured around the centre of the circulating carriageway whichever is the least.

B= Forward Visibility On Entry

From a point 15m back from the Give Way line, that part of the circulating carriageway to the next exit or (at large roundabouts) 50m measured around the centre of the circulating carriageway whichever is the least.

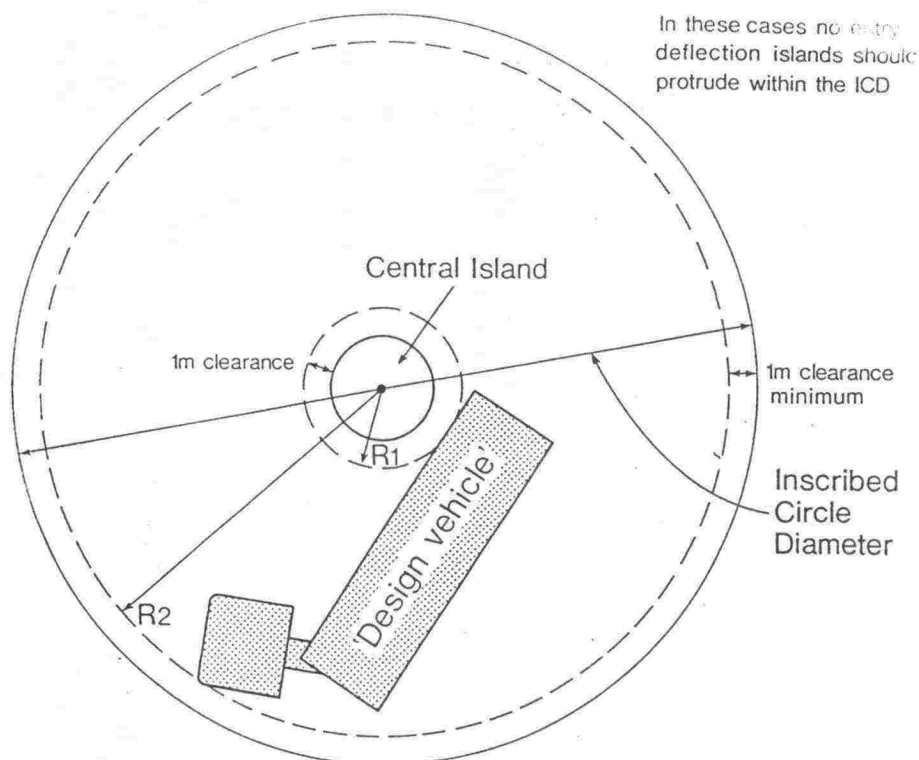
x = half lane width

In addition for many small diameter and mini roundabouts to operate successfully and for drivers to accept appropriate gaps in the circulating traffic stream some visibility is also required along the other arms of the junction

Kuva 15. Näkemäetäisyydet kiertoliittymässä (vasemmanpuoleinen liikenne). /21/

Kiertoympyrän tulee olla mahdollisuuksien mukaan ympyrän muotoinen ja leveydeltään 1 - 1,2 kertaa suurimman tulohaaran leveys. Suurin suositeltu kiertyympyrän leveys on 15 m.

Mitoitusajoneuvona on käytetty 15,5 m pitkää puoliperävaunullista kuorma-autoa. Kuvassa 16 on esitetty mitoitusajoneuvon vaatima tila normaalissa kiertoliittymässä. Normaleissa kiertoliittymissä tulee liittymän sisään ajotilan ulkoreunaa pitkin piirretyn ympyrän halkaisija olla aina vähintään 28 m.

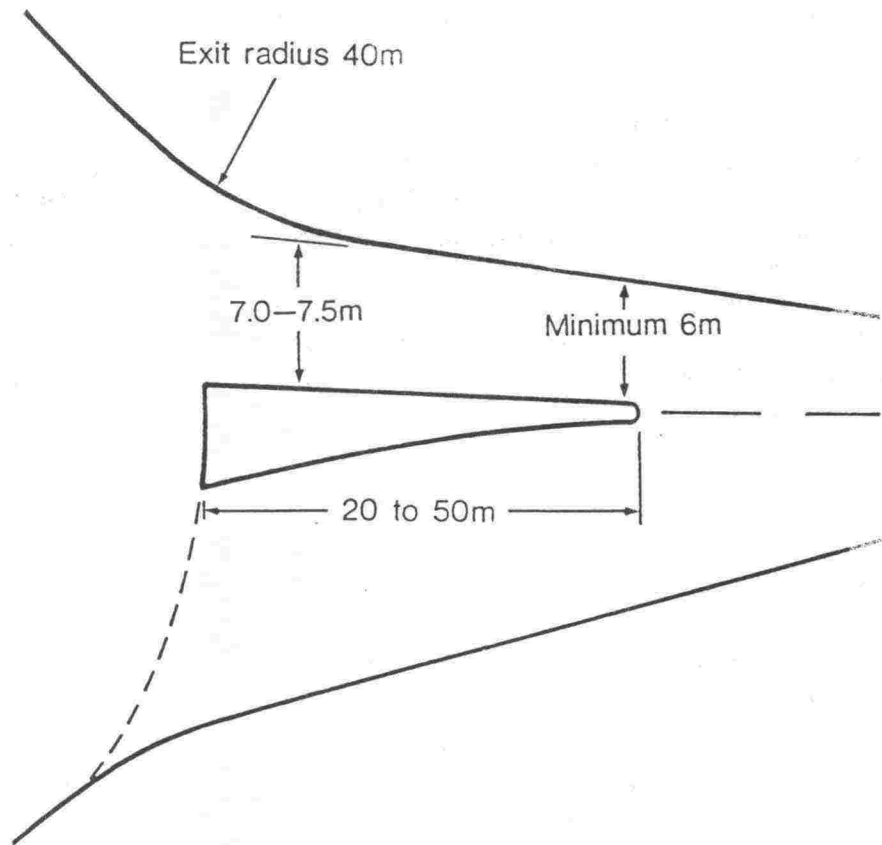


(See Paragraph 6.5.3)

Central Island Diameter (m)	R_1 (m)	R_2 (m)	Minimum ICD (m)
4.0	3.0	13.0	28.0
6.0	4.0	13.4	28.8
8.0	5.0	13.9	29.8
10.0	6.0	14.4	30.8
12.0	7.0	15.0	32.0
14.0	8.0	15.6	33.2
16.0	9.0	16.3	34.6
18.0	10.0	17.0	36.0

Kuva 16. Mitoitusajoneuvon vaatima tila pienimmissä normaaleissa kiertoliittymissä (vasemmanpuoleinen liikenne). /8/

Kiertoliittymästä poistuminen tehdään joustavaksi. Suositeltava säde ajoradan reunalinjalla on 40 m (kuva 17). Missään tapauksessa säde ei saa olla alle 20 m. Poistumissuunta on usein leveä heti liittymän jälkeen. Se kavennetaan normaaliin kaistaleveyteen suhteessa 1:15 tai 1:20. Liikenteenjakajien kohdalla kaistaleveyden on oltava vähintään 6 m, jotta esim. rikkoutunut ajoneuvo pystytään ohittamaan.



Kuva 17. Poistumissuunnansuunnitteluyksia ajorataisella tiellä (vasemmanpuoleinen liikenne). /8/

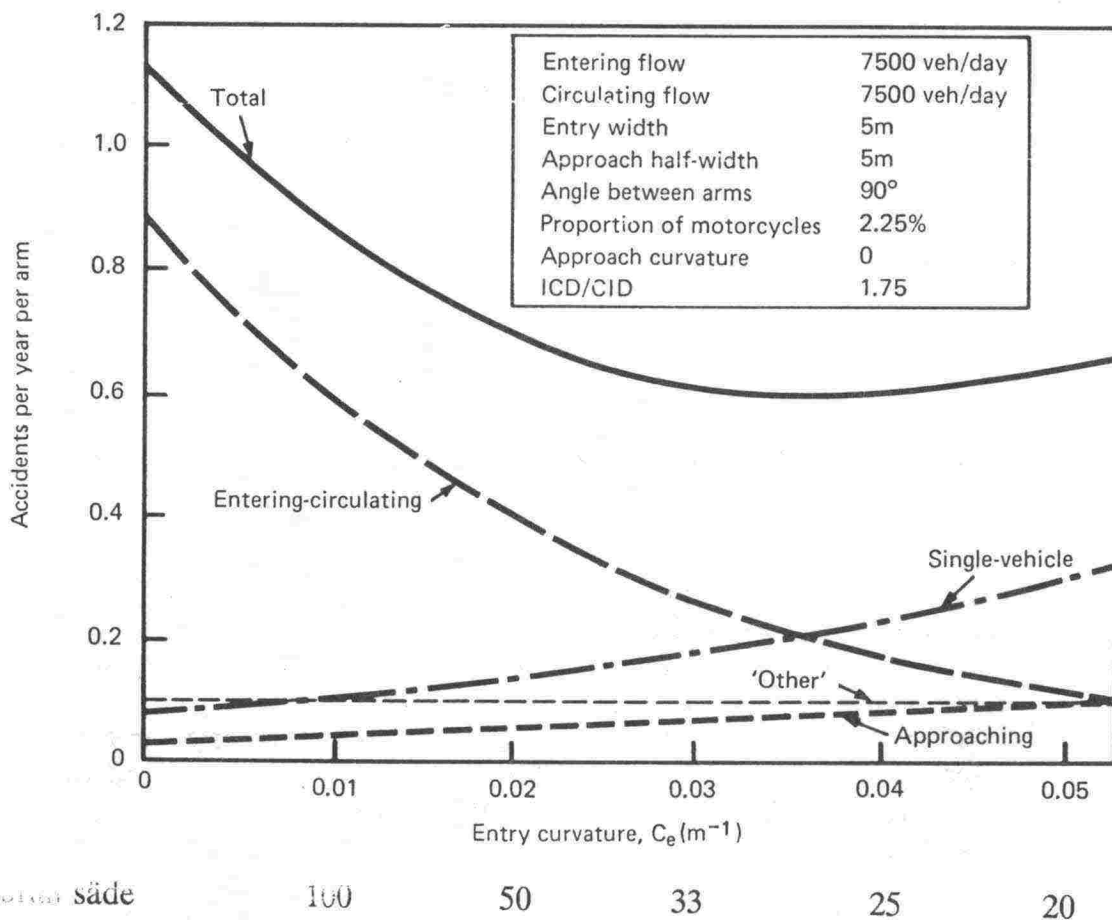
Kiertoliittymän kuivatus järjestetään sivukaltevuuden muutoksella ja pituuskaltevuudella. Kiertoympyrässä ei käytetä kallistuksia muutoin kuin kuivatuksen takia. Kiertoympyrän kuivatus voidaan järjestää usealla tavalla. Yleensä käytetään kallistuksia sekä kiertosaareketta että liittymän ulkoreunaa kohti. Harja voi olla kiertoympyrän keskellä tai leveyden kolmasosan kohdalla ulkoreunasta mitattuna. Hyvin leveissä kiertoympyröissä käytetään kahta harjaa, jotta välttyttäisiin suurilta kallistuksilta. Tulo- ja poistumissuunnilla voidaan käyttää kallistuksia helpottamaan kaarteessa ajoa.

Ajoratamaalauksia ei suositella käytettävän kiertoympyrässä. Liittymiskohtaan kaistoja ei myöskään merkitä ellei niitä ole enemmän kuin kaksi. Ajoratamaalauksia käytetään, jos joltain kaistalta ei pääse kaikkiin suuntiin. Tällainen tilanne on esim. käytettäessä erotettua vasemmalle kääntyvien kaistaa (vasemmanpuoleinen liikenne). Jos yksi kaista merkitään ajoratamaalauksilla, tulee myös muut kaistat merkitä. Jotta oikea kaista osattaisiin valita ennakolta, tulee liittymää edeltää suunnistustaulu, jossa kaistojen valinta on selvitetty. /8/

3.1.5 Turvallisuusnäkökohdat suunnittelussa

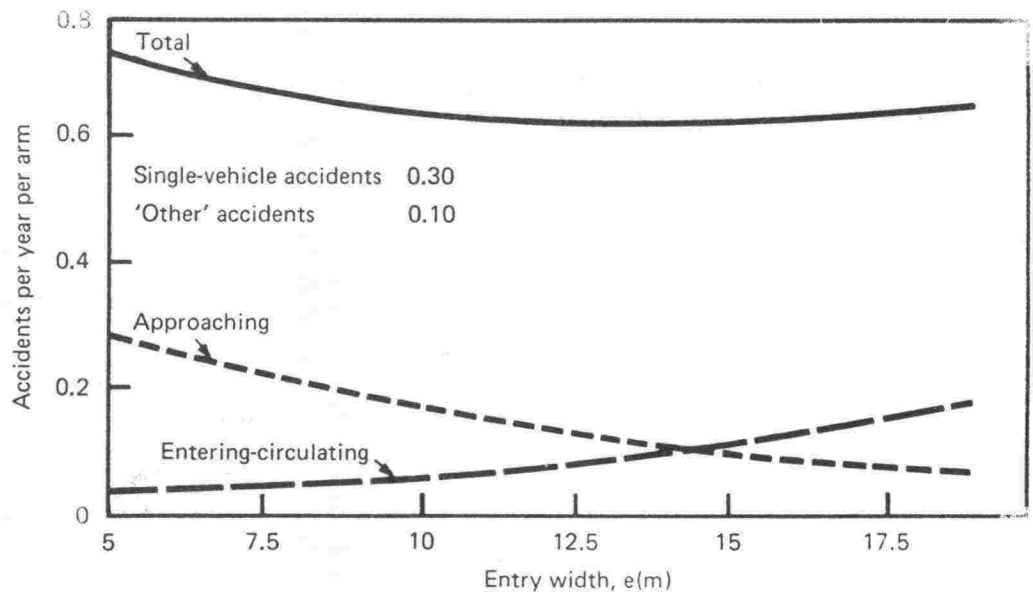
Kiertoliittymät pyritään rakentamaan mahdollisimman turvallisiksi ja samalla toimiviksi. Turvallisuus- ja toimivuusnäkökohdat ovat välillä ristiriidassa keskenään. /8/

Kiertoliittymät, joissa on pieni keskisaareke ja levennetty liittymisalue, ovat välityskyvyltään erittäin hyviä. Suunnittelussa on syytä kiinnittää erityistä huomiota turvallisuusnäkökohtiin, sillä huonosti suunnitelluissa, keskisaarekkeeltaan pienissä kiertoliittymissä, on tapahtunut paljon onnettomuuksia. Tärkein turvallisuuteen vaikuttava ominaisuus on ajoura liittymässä. Kuvassa 18 on esitetty ajouran kriittisen säteen käänteisluvun vaikutus turvallisuuteen. Esimerkkinä käytetyn liittymän muut geometriatiedot ja liikennemäärät on esitetty kuvassa olevassa taulukossa. Kuvassa esitetyt onnettomuudet ovat henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia. Tulokset on saatu poliisin tilastoja analysoimalla.



Kuva 18. Ajouran kriittisen säteen ja sen käänteisluvun C_e vaikutus henkilövahinkoihin johtaneisiin onnettomuuksiin. /16/

Kuvassa 19 on esitetty liittymisalueen leveyden vaikutus turvallisuuteen. Esimerkkinä käytetyn liittymän muut geometriatiedot ja liikennemäärät on esitetty kuvan taulukossa. Varsinkin onnettomuudet kiertoympyrään liittyvien ja siellä jo ajavien välillä kasvavat liittymisalueen leveyden kasvaessa. Näiden onnettomuuksien kasvu olisi huomattavasti suurempi, jos ajoura liittymän läpi olisi suurempi kuin kuvassa 19 esitettyssä liittymässä. Tässä liittymässä on ajouran kriittinen säde 20 m. Tällöin liittymisalueen leveys voi olla suuri aiheuttamatta onnettomuuksia. /16/



Kuva 19. Liittymisalueen leveyden vaikutus turvallisuuteen, ajouralla liittymän läpi kriittinen säde 20 m./16/

Periaatteena turvallisen kiertoliittymän suunnittelussa on, että ajonopeudet niin tulohaaroilla kuin kiertoympyrässä saadaan pidettyä alhaisina. Tähän vaikuttaa ajouran ja liittymisalueen leveyden lisäksi kulma, jossa tulosuunta kohtaa kiertoympyrän. Liian terävä kulma kasvattaa helposti ajonopeuksia liittymisalueella. Turvallisuuden kannalta tärkeitä suunnittelussa huomioon otettavia tekijöitä ovat myös riittävien näkemien varmistaminen, viitoitus ja valaistus. /8/

Kevyt liikenne

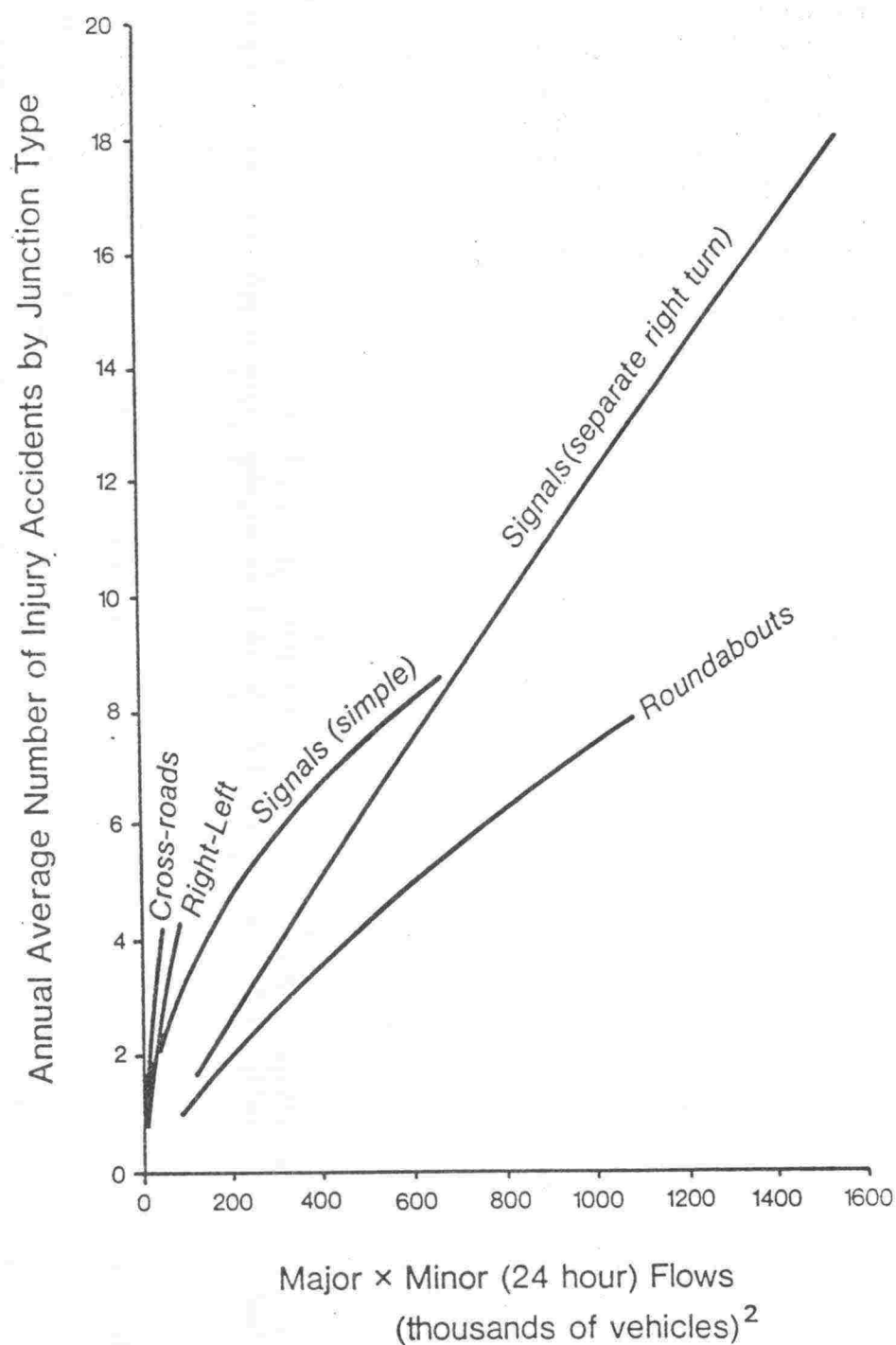
Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden reitit pyritään sijoittamaan siten, että ajoradan ylitys tapahtuu kaukana kiertoliittymästä. Ellei tämä ole mahdollista, suositellaan käytettäväksi alikulkutunneleita. Jos polkupyöräilijöitä on paljon, kannattaa harkita muun liittymätyypin käyttöä, esim. valo-ohjattua liittymää. Jalankulkijoita varten voidaan joutua sijoittamaan suojatie lähelle kiertoliittymää. Tällöin voidaan käyttää liikennevaloja tai välkkyvää varoitusvaloa suojateilla. Liikennevaloja käytettäessä ongelmana on kiertoympyrän ruuhkautuminen, koska ulosajoa jonottavat ajoneuvot voivat estää kiertoympyrässä ajon. Kaupunkialueilla, joissa on paljon jalankulkijoita, on käytettävä kaiteita, jotta jalankulkijat eivät pääse ylittämään ajorataa keskisaarekkeen kautta. Jalankulkijoiden ja varsinkin polkupyöräilijöiden turvallisuus kiertoliittymissä on todettu paljon huonommaksi kuin autoliikenteen turvallisuus. /8/

3.1.6 Kiertoliittymien turvallisuus

Iso-Britanniassa tapahtui v.1982 256 000 henkilövahinkoihin johtanutta liikenneonnettomuutta. Näistä 10 500 eli 4 % tapahtui kiertoliittymissä. Kiertoliittymissä tapahtuneista onnettomuuksista 0,7 % oli kuolemaan johtaneita. Kaikissa muissa liittymissä tapahtuneista onnettomuuksista 1,5 % oli kuolemaan johtaneita ja tie- tai katuosuuksilla tapahtuneista onnettomuuksista 5,1 % oli kuolemaan johtaneita. Kiertoliittymät alensivat Iso-Britanniassa siis varsin tehokkaasti onnettomuuksien vakavuusastetta. Keskimääräinen onnettomuuskustannus oli kiertoliittymissä tapahtuneissa onnettomuuksissa 30 % alaisempi kuin muissa liittymissä ja 60 % alaisempi kuin tie- tai katuosuuksilla tapahtuneissa onnettomuuksissa. /8/

Kiertoliittymissä tapahtuneista onnettomuuksista puolet on moottoripyöräilijöiden ja mopoilijoiden onnettomuuksia. Polkupyöräilijöiden onnettomuuksia on n. 15 %, vaikka niiden osuus liikennevirrasta on yleensä alle 2 %. Moottoripyöräilijöiden ja mopoilijoiden riski joutua onnettomuuteen kiertoliittymässä on 10 - 15 kertaa suurempi kuin autoilijoiden. Polkupyöräilijöiden riski on vielä tätäkin suurempi. Polkupyöräilijöiden onnettomuuksista 70 % tapahtuu kiertoliittymän liittymisalueella. /8/

Kuvassa 20 on esitetty kaksiajorataisten teiden liittymissä tapahtuneet onnettomuudet vuosina 1975-80. Kiertoliittymät ovat Iso-Britanniassa turvallisia verrattuna muihin tasoliittymätyyppeihin, varsinkin suurilla liikennemäärillä. /8/



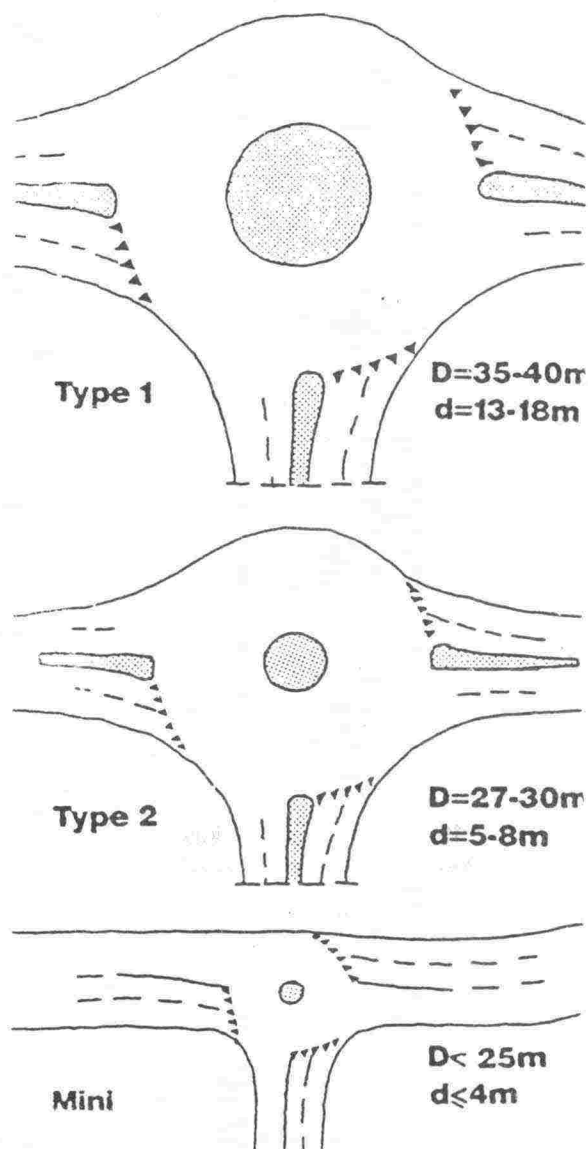
Kuva 20. Kaksiajorataisten teiden tasoliittymissä tapahtuneet onnettomuudet vuosina 1975 - 1980. /8/

3.2 Norja

3.2.1 Kiertoliittymien käyttö ja suunnittelu

Norjassa oli vuonna 1984 n. 50 kiertoliittymää. Niiden määrä on sen jälkeen kuitenkin kasvanut voimakkaasti. Suurin osa kiertoliittymistä toimii tulosuunnan väistämisvelvollisuus-periaatteella. Kaikki uudet liittymät on mitoitettu tällä periaatteella, mutta vanhoissa kiertoliittymissä periaate ei aina ole voimassa. Norjassa kiertoliittymiä rakennetaan vain teille, joissa nopeusrajoitus on 50 km/h tai sen alle. Uusia kiertoliittymiä on rakennettu Iso-Britannian mallin mukaan eli niiden keskisaarekke on melko pieni ja tulosuunnilla on käytetty kaistalevennyksiä. /24/

Norjassa kiertoliittymät jaetaan kolmeen perustyyppiin (kuva 21). Tyyppi 1 on kiertoliittymä, jonka keskisaarekkeen halkaisija on yli 13 - 18 m. Tyypissä 2 keskisaarekkeen halkaisija on yli 5 - 8 m. Minikiertoliittymässä keskisaarekkeen halkaisija on alle 4 m. /31/

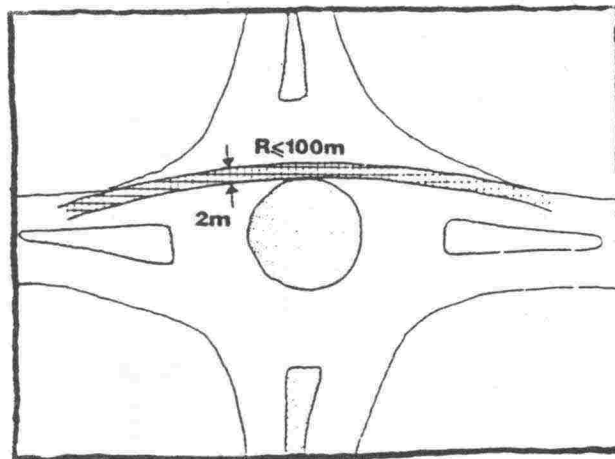


Kuva 21. Kiertoliittymien perustyytit Norjassa. /31/

Useat uudet kiertoliittymät on Norjassa rakennettu liikenneturvallisuuksista. Niillä on pyritty alentamaan ajonopeuksia liittymissä. /7/

Norjalaisissa ja englantilaisissa suunnitteluperiaatteissa ei ole suuria eroja. Norjassa on kiertoliittymissä käytetty levennettyjä liittymisalueita englantilaisen mallin mukaan. Tämän ei ole todettu aiheuttavan erityisiä ongelmia. /23/ Norjassa kaistaleveys liittymisalueella on määritelty 10 cm leveämmäksi kuin Iso-Britanniasa. Kaistaleveyden tulee olla 2,60 m.

Kiertoliittymän sisään ajotilan ulkoreunaa pitkin piirretyn ympyrän halkaisijalle on asetettu minimiarvo 30 m. Arvo on todettu hyväksi talvikunnossapidon ja raskaan liikenteen kannalta. Brittiläisiin ohjeisiin verrattuna norjalainen minimiarvo on 2 m suurempi. Minikiertoliittymissä tämän ympyrän halkaisija voi kuitenkin olla pienempi. /7/ Norjalaisissa suunnitteluperiaatteissa korostetaan myös liittymän läpi kulkevan ajouran suunnittelemista riittävästi kaartuvaksi. Kuvassa 22 on esitetty ajouran kriittinen säde, jonka paikka poikkeaa hieman englantilaisista suunnitteluperiaatteista. /31/



Kuva 22. Riittävän kaartuva ajolinja. /31/

3.2.2 Kiertoliittymistä saadut kokemukset

Norjassa tehdyssä ennen-jälkeen tutkimuksessa v. 1979-82 tarkasteltiin kuutta englantilaisten ohjeiden mukaan rakennettua kiertoliittymää. Niiden keskisaarekkeet olivat pieniä, halkaisijaltaan 8 - 22 m. Yksi liittymistä oli jo alunperin kiertoliittymä, mutta se suunniteltiin uudestaan vastaamaan englantilaisia suunnitteluperiaatteita. Muut tarkastellut liittymät olivat ennen rakentamista kolmi- tai nelihaaraliittymiä. Liittymät sijaitsivat eri puolilla Norjaa, kaupunkien laidoilla. Niiden liikennemäärät olivat 6 000 - 30 000 ajon/vrk ennen liittymien muuttamista ja onnettomuusmäärät olivat tavalliset. Liikennemäärät kasvoivat tutkimusajanjakson aikana 6 - 24 %.

Liittymissä kuluva aikaa mitattiin ennen ja jälkeen -tilanteissa liittymien ulkopuolella olevista mittauspisteistä. Liittymissä kuluva aika sekä kasvoi että laski tulosuun-

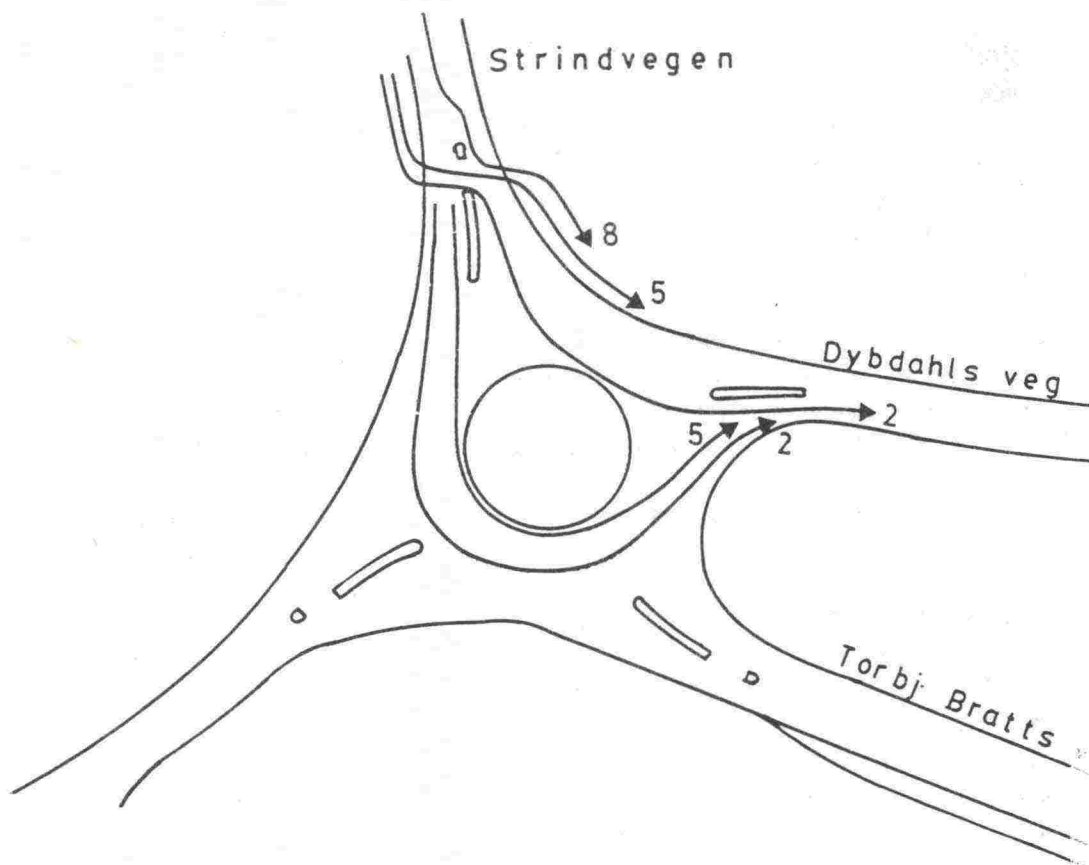
nasta riippuen. Kokonaisuutena voidaan sanoa, että liittymissä kuluva aika laski kiertoliittymien rakentamisen jälkeen. /23/

Pysähtymään joutuvien ajoneuvojen määrää ja pysähdysaikaa tutkittiin myös. Todettiin, että osassa tulosuuntia pysähdysajat laskivat ja osassa kasvoivat. Odotusajat jakautuivat kuitenkin tasaisemmin eri tulohaarojen kesken liittymien muuttamisen jälkeen. Yleisesti voidaan todeta, että sekä pysähtymään joutuneiden määrä että pysähdysajat laskivat. Pienillä liikennevirroilla kiertoliittymissä ei jouduta pysähtymään, mikä on huomattava etu verrattuna valo-ohjattuun liittymään. Liikennevirrat liittyvät, sekoittuvat ja erkanevat uusissa kiertoliittymissä erittäin joustavasti. Liikenteenvälityskyvyn todettiin olevan hyvä. Kuormitetuimpien kiertoliittymien välityskyvyn todettiin olevan lähellä Iso-Britanniassa kehitetyn kapasiteettilaskennan antamia tuloksia. Olosuhteissa ja ajotavoissa on eroja Norjan ja Iso-Britannian välillä, mutta englantilainen kokeellisesti kehitetty liikenteenvälityskyvyn laskentamalli antaa kuormitetuissa tilanteissa oikeita välityskykyarvoja kiertoliittymille myös Norjassa. /11/

Tutkimuksessa mitattiin myös ajonopeuksia. Useimmilla tulosuunnilla nopeudet laskivat liittymien muuttamisen jälkeen. Myös oikealle kääntyvien ajoneuvojen nopeudet laskivat, vaikka liittymän geometriaa ei tältä osin olisikaan muutettu. Sekä oikealle että vasemmalle kääntyvien ajonopeudet ovat verrannollisia kaarresäteeseen. Kun kaarresäde pienenee, ajonopeudet alenevat. Suoraan ajavien ajonopeudet riippuvat liittymän läpi kulkevan ajouran kriittisestä säteestä. Kun säde on 100 m tai sen alle ovat ajonopeudet alle 50 km/h. /11/

Kahdessa uudessa kiertoliittymässä tutkittiin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden käyttäytymistä. Jalankulkijat käyttivät uudessa tilanteessa paremmin suojateitä kuin ennen. Vaarallisia ajoradan ylitysreittejä kuitenkin esiintyi. Kun jalankulkijoita oli 70 kpl/h ja ajoneuvoliikennettä tulohaaralla oli 750 ajon/h, toimi suojatie hyvin. Ongelmia alkoi esiintyä liittymässä, jossa jalankulkijoita oli 250 kpl/h ja ajoneuvoliikennettä tulohaaralla 1100 ajon/h. /11/

Polkupyöräilijät valitsivat yleensä lyhimmän reitin liittymän läpi. Kuvassa 23 on esitetty havaittuja reittejä, joita polkupyöräilijät käyttivät kääntyessään vasemmalle. Harvat pyöräilijöistä kiersivät keskisaarekkeen. Kiertoympyrässä ajavat polkupyöräilijät ovat etuajo-oikeutettuja liittyviin ajoneuvoihin nähden. Tutkimuksessa todettiin, että liittyvät ajoneuvot väistivät polkupyöräilijöitä yhtä hyvin kuin muita ajoneuvoja. Seuraukset ovat kuitenkin usein vakavat, jos etuajo-oikeussääntöä rikotaan polkupyöräilijän kohdalla. Jalankulkijat ja polkupyöräilijät eivät aiheuttaneet tutkituissa kiertoliittymissä erityisiä ongelmia. Kevyen liikenteen määrä oli kuitenkin melko vähäinen.



Kuva 23. Polkupyöräilijöiden reitinvalinta vasemmalle kääntyessä. /23/

Liittymien liikenneturvallisuuden muuttumisesta ei voitu tehdä varmoja johtopäätöksiä, sillä tutkimusaika liittymien uudelleen rakentamisen jälkeen oli melko lyhyt. Se vaihteli liittymittäin välillä 12,5 kk - 25 kk. Ainoa liittymä, jossa jälkeentilanteessa tapahtui onnettomuuksia oli alunperinkin kiertoliittymä. Näissä kuudessa tutkitussa liittymässä tapahtui henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia ennen uudelleen rakentamista 7,3 kpl/v. Rakentamisen jälkeen onnettomuuksia tapahtui 2,9 kpl/v. Tämä merkitsee 60 % vähennystä henkilövahinkoihin johtaneissa onnettomuuksissa, mutta tulos ei ole kuitenkaan tilastollisesti pätevä. Eniten onnettomuuksien vähenemiseen vaikuttivat ajonopeuksien aleneminen ja konfliktipisteiden väheneminen.

Tutkituissa liittymissä saatiin onnettomuusasteeksi henkilövahinkoihin johtaneissa onnettomuuksissa 0,08. Tällä tarkoitetaan henkilövahinkoihin johtanutta onnettomuutta miljoonaa liittymän ohittanutta ajoneuvoa kohti. /23/ Aikaisemmissa tutkimuksissa 1970-luvulla on Norjassa saatu kiertoliittymien onnettomuusasteeksi 0,1. Joissakin vanhoissa kiertoliittymissä on tapahtunut hyvin paljon onnettomuuksia, mutta keskimäärin niiden turvallisuus on ollut hyvä. Muihin liittymätyyppeihin verrattuna onnettomuusaste on hyvin alhainen. Esim. valo-ohjatun liittymän vastaava onnettomuusaste on Norjassa 0,19 - 0,24. Jos onnettomuusmäärät kiertoliittymissä pysyvät pieninä jatkossakin, voidaan kiertoliittymän ehdottomasti todeta olevan turvallinen liittymätyyppi. /23/

3.3 Tanska

3.3.1 Kiertoliittymien käyttö ja suunnittelu

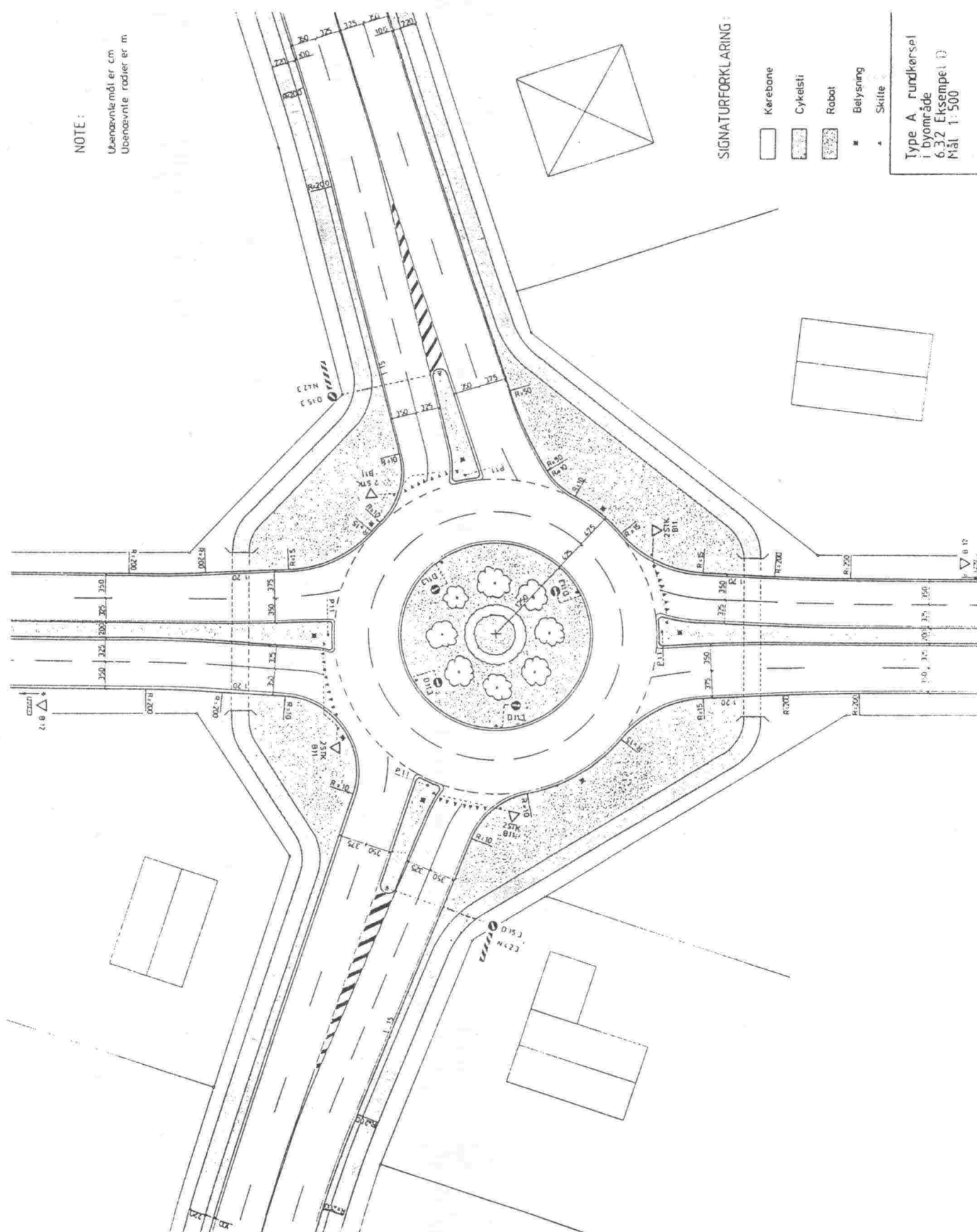
Tanskassa kiertoliittymät olivat yleisiä suurissa liittymissä 1960-luvulle asti. Ohjaustapana oli oikealta tulevien etuajo-oikeus aina vuoteen 1976 asti. 1960- ja 1970-luvuilla kiertoliittymiä muutettiin paljon valo-ohjatuiksi liittymiksi ja vuonna 1978 Tanskassa oli vain n. 40 kiertoliittymää jäljellä. /29/ Vuonna 1990 Tanskassa on laskettu olevan n. 200 kiertoliittymää. /20/

Tanskassa kiertoliittymät jaetaan tyypeihin A ja B niiden käyttötarkoituksen mukaan. Keskisaarekkeen koolla ei ole tässä suhteessa merkitystä. Tyyppi A on dynaamisesti muotoiltu ja sitä käytetään alueilla, joissa ajonopeudet ovat korkeat. Tämä kiertoliittymätyyppi on tarkoitettu pelkästään autoliikenteelle. Kevyen liikenteen reittejä ei ohjata liittymään ja ajoradan ylityskohdat sijoitetaan mieluiten eri tasoon autoliikenteen kanssa. Tyyppi A vaatii enemmän tilaa kuin tyyppi B kiertoliittymä (kuva 24).

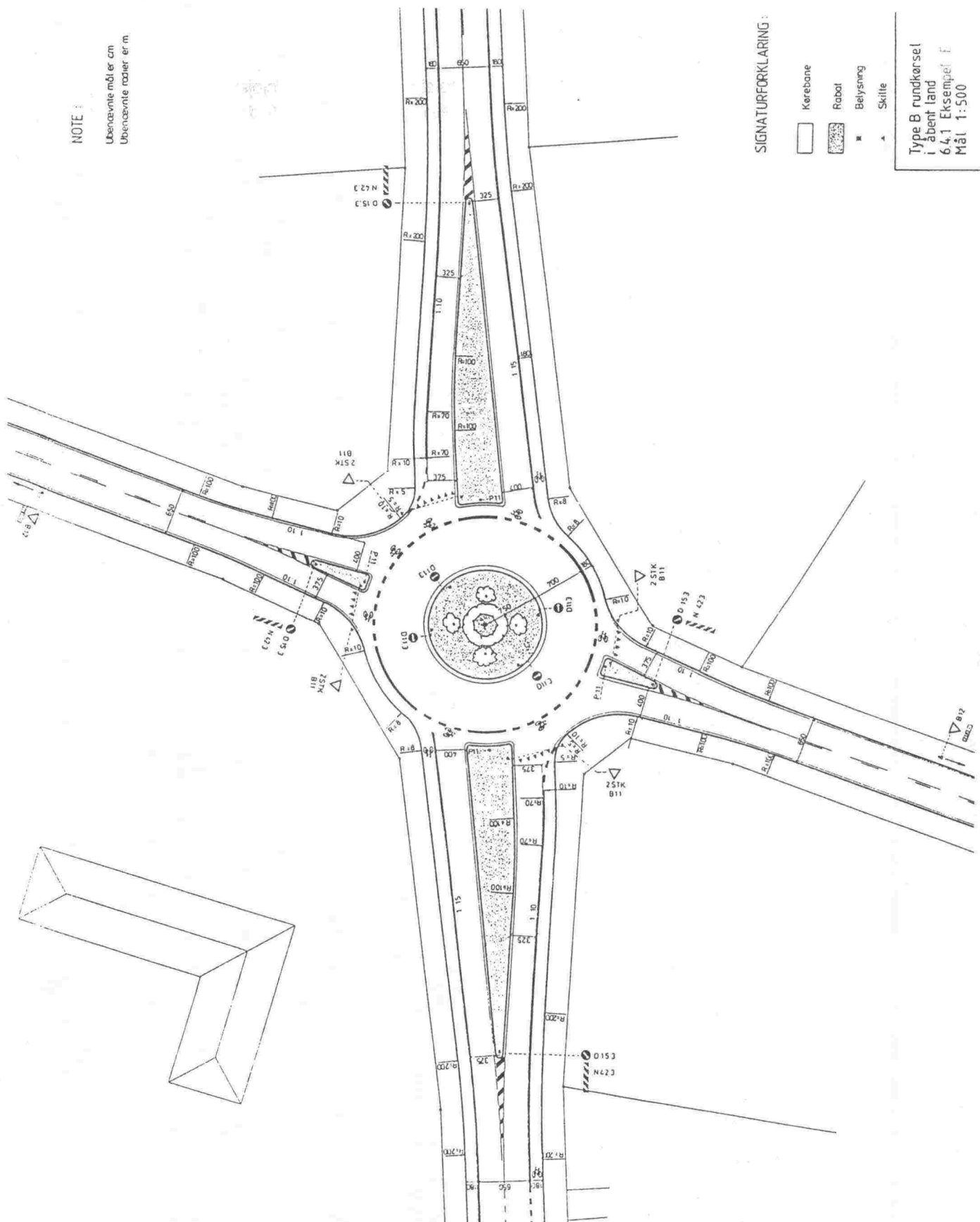
Tyyppi B on luonteeltaan hidastin. Sitä käytetään pudottamaan ajonopeuksia esim. asuinalueilla. Sen välityskyky on huonompi kuin tyyppi A ja sitä käytetään liittymissä, joissa on kevyttä liikennettä. /29/ Polkupyöräilijöille suunnitellaan usein oma kaista kiertoympyrän ulkopuolelle. Jos tilaa ei ole tarpeeksi, voidaan polkupyöräilijöiden kaista sijoittaa kiertoympyrään ulommaiseksi kaistaksi. /25/ Teillä, joissa tyyppi B kiertoliittymää käytetään, tulee olla alhaiset nopeusrajoitukset. Tällöin liittymän geometria ei aiheuta ajokäyttäytymiseen liian suurta muutosta (kuva 25). /29/

NOTE :

Ubenævnte mål er cm
Ubenævnte radier er m

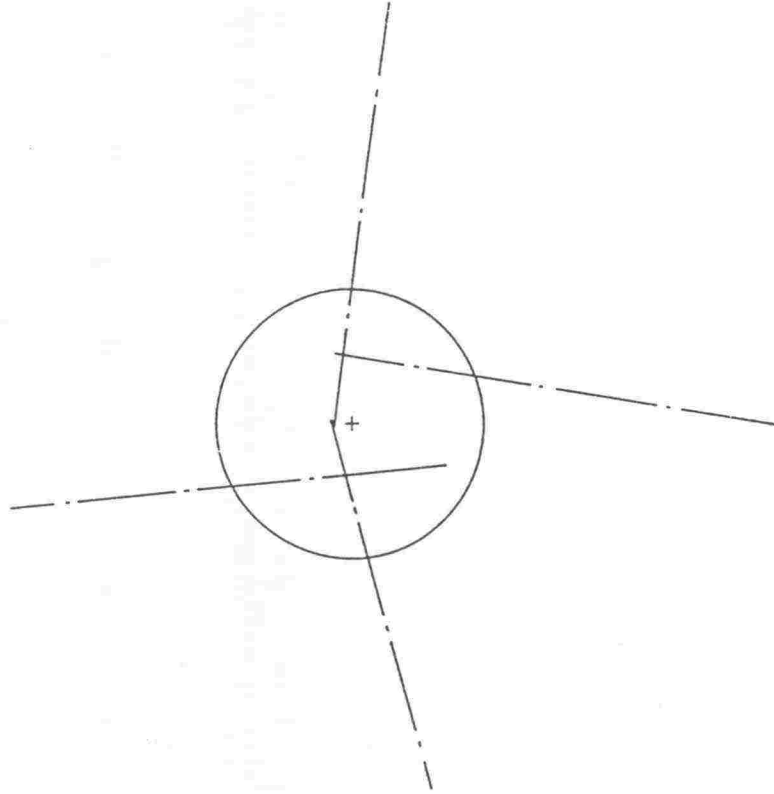


Kuva 24. Tyypin A kiertoliittymä Tanskassa. /29/



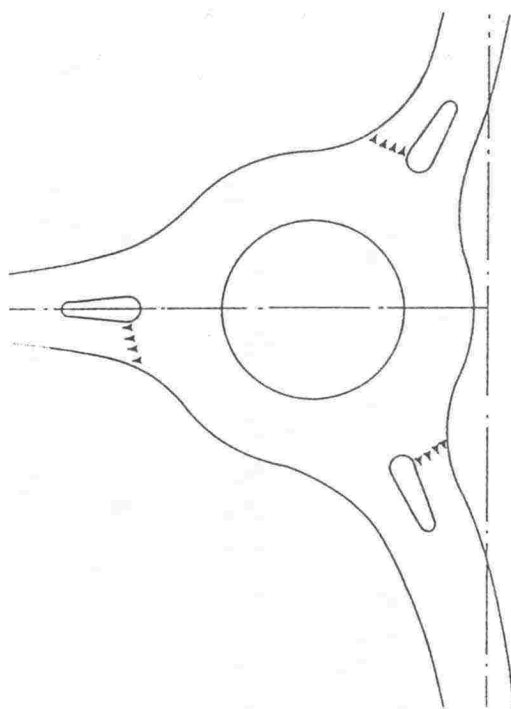
Kuva 25. Tyypin B kiertoliittymä Tanskassa. /29/

Tyyppin A kiertoliittymän suunnitteluperiaatteet ovat Tanskassa hyvin samantapaiset kuin Iso-Britanniassa. Ajoura liittymän läpi on muotoiltava kaartuvaksi. Ajonopeudet liittymässä eivät siten nouse liian korkeiksi. Keskisaareke on yleensä ympyrän muotoinen ja sen keskikohta pyritään asettamaan risteävien teiden keskilinjojen leikkauskohtaan. Kuvassa 26 on esitetty keskisaarekkeen sijoitus silloin, kun teiden keskilinjoja taivutetaan oikealle. /29/



Kuva 26. Keskisaarekkeen sijoitus. /29/

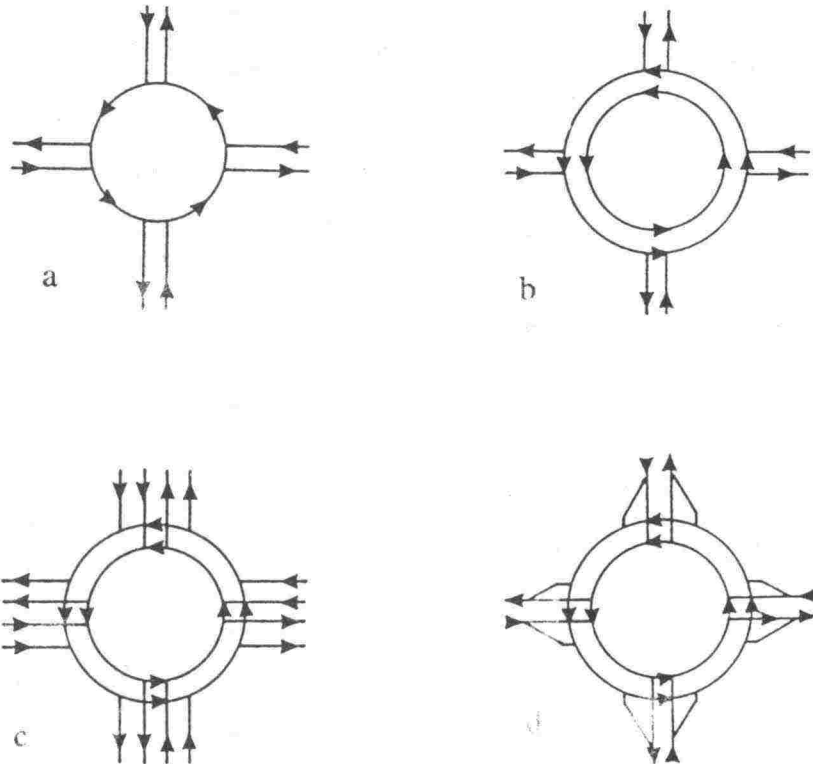
Tulohaarojen välinen matka kiertoympyrässä mitattuna tulee olla vähintään 20 m. Keskisaarekkeen ja samalla koko liittymän koko on yleensä sitä suurempi mitä enemmän siinä on tulohaaroja. Kolmihaarisessa kiertoliittymässä on tärkeätä varmistaa, että kaikki tulohaarat kaartuvat riittävästi eli ajonopeudet liittymän läpi ovat riittävän alhaiset (kuva 27). /29/



Kuva 27. Tulohaarojen taivuttaminen ajonopeuksien alentamiseksi. /29/

Tanskassa ei käytetä englantilaisen mallin mukaisia levennettyjä liittymisalueita kiertoliittymissä. Kuvissa 28 a, b, c ja d on esitetty mahdolliset kaistajärjestelyt. Kuvissa 28 a ja b on esitetty tilanne, jossa sekä tulo- että poistumissuunnalla on yksi kaista. Jos polkupyöräilijöitä on paljon, suositellaan kiertoympyrässä käytettäväksi yhtä kaistaa. On huomattava, että liikenteenvälityskyky ei tällöin ole suurin mahdollinen. Kiertoympyrään voidaan lisätä toinen kaista, jos liittymän välityskyky ei riitä. Polkupyöräilijöiden turvallisuus heikkenee, mutta ei kuitenkaan siinä määrin kuin liittymisaluetta levennettäessä.

Kuvassa 28 c on esitetty kiertoliittymissä käytettävät kaistajärjestelyt silloin, kun liittymä sijaitsee kaksiajorataisella tiellä. Kuvassa 28 d tulo- ja poistumissuunnat on levennetty kaksikaistaisiksi. Levennetyn suunnan tulee olla täysilevyinen vähintään 30 m:n matkalla ennen liittymää. Kaksikaistaisia tulosuuntia käytetään parantamaan välityskykyä. Nämä kaistajärjestelyt on suunniteltu autoliikenteelle. Kevyen liikenteen turvallisuutta pidetään näillä kaistajärjestelyillä toteutetussa kiertoliittymässä huonona. Jos kevyttä liikennettä on, ohjataan se pois liittymästä tai risteäminen tapahtuu eri tasossa.



Kuvat 28 a, b, c ja d.

Kiertoliittymän kaistajärjestelyt. /29/

3.3.2 Polkupyöräilijöiden huomioonottaminen

Polkupyöräliikenteeseen on Tanskassa kiinnitetty erityistä huomiota, koska niiden on todettu joutuvan autoliikennettä useammin onnettomuuksiin kiertoliittymissä. Polkupyöräilijät, mopoilijat ja moottoripyöräilijät ovat osallisena kahteen kolmasosaan poliisin tietoon tulleista onnettomuuksista. Taulukossa 2 on esitetty tanskalaisen turvallisuusselvityksen tuloksia. Taulukosta voidaan todeta, että tanskalaisen tutkimuksen mukaan keskimääräinen onnettomuusaste henkilövahinkoihin johtaneissa onnettomuuksissa on kiertoliittymissä $0,12 \text{ onn./}10^6$ liittymään saapuvaa ajoneuvoa. /20/

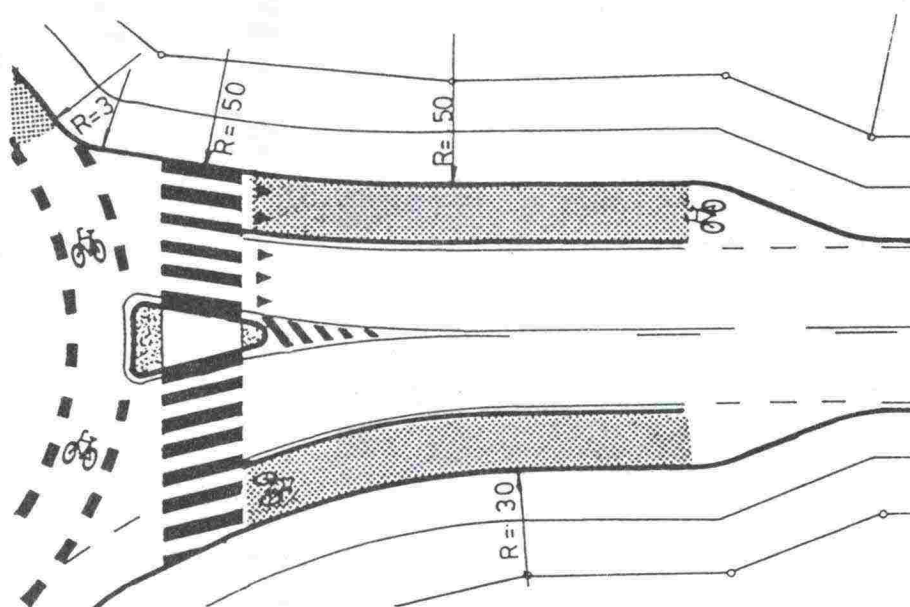
Taulukko 2. Turvallisuustuloksia tanskalaisista kiertoliittymistä. /20/

Tulohaarojen lukumäärä	Kiertoliittymien lukumäärä	KVL keskim.	Tarkkailuaika (vuosi)	Kaikki onn.(kpl)	Henkilövah. joht. onn. (kpl)
3	5	6500	16	4	0
4	25	7200	107	115	38
5	10	9400	42	63	19
6	8	9800	40	80	29
Yht.	48	8100	205	262	86

Tulohaarojen lukumäärä	Loukkaantuneet henkilöt kulkutavan mukaan				Onnettomuusasteet (onn./milj.ajon)	
	moottori ajoneuvo	polkupyörä tai mopedi	jalan-kulkiija	yht.	kaikki onn.	henkilövah. joht. onn.
3	0	0	0	0	0.11	0
4	7	27	4	38	0.41	0.14
5	5	13	1	19	0.44	0.13
6	8	20	3	31	0.56	0.20
Yht.	20	60	8	88	Keskim. 0.12	

Polkupyöräilijöiden ja autoliikenteen suhde vaikuttaa kiertoliittymätyypin valintaan. Kevyen liikenteen erottelua pois kiertoliittymästä suositellaan silloin, kun autoliikennettä on paljon. Erottelulla tarkoitetaan, että ajoradan ylitys järjestetään eri tasossa tai, että se tapahtuu ennen kiertoliittymään saapumista. Tyypillisesti ajoradan ylitys järjestetään 10 - 15 m ennen ajoradan liittymistä kiertoympyrään.

Tyypin B kiertoliittymässä voidaan pyöräilijöille rakentaa oma kaista kiertoympyrään. Pyöräilijöiden kaista erotetaan maalauksilla ja sillä käytetään usein tasaisempaa päällystettä kuin muilla kaistoilla. Kaistan leveys on 1,5 - 1,8 m. Kuvassa 29 on esimerkki pyöräilijöiden kaistasta. Tässä tapauksessa erillisiä pyöriteitä ei ole järjestetty, vaan pyöräilijät ohjataan oikealle kaistalle tulosuuntien kaistajärjestelyillä.



Kuva 29. Polkupyöräilijöiden kaista kiertoliittymässä. /29

3.4 Ruotsi

3.4.1 Kiertoliittymien käyttö

Ruotsissa kiertoliittymiä on rakennettu vuodesta 1950 lähtien. Vuoteen 1967 asti oli voimassa etuajo-oikeus oikealta tuleville eli liittyvälle liikenteelle. Tämä aiheutti suurilla liikennemäärillä ruuhkaantumista ja kiertoliittymiä muutettiin valo-ohjatuiksi liittymiksi. Vuonna 1967 Ruotsissa vaihdettiin liikenne vasemmanpuoleisesta oikeanpuoleiseksi ja samalla myös etuajo-oikeuskäytäntöä kiertoliittymissä muutettiin. Etuajo-oikeus annettiin kiertoliittymässä ajaville. Tämän jälkeen kiertoliittymät toimivat hyvin ja niitä alettiin uudelleen rakentaa. /24/ Tällä hetkellä Ruotsissa on n. 150 kiertoliittymää. /4/

Kiertoliittymien keskisaarekkeen koko on Ruotsissa keskimäärin suurempi kuin useissa muissa maissa. Keskisaarekkeet ovat keskimääräiseltä halkaisijaltaan 50 m. Kolmasosassa kiertoliittymiä on keskisaarekkeen halkaisija 30 m. Suurimmassa kiertoliittymässä keskisaarekkeen halkaisija on 108 m. Vuodesta 1962 voimassa olleiden ohjeiden mukaan keskisaarekkeen halkaisijan minimikoko on 80 m. Uudet ohjeet ilmestyivät v. 1987. Muutamissa kiertoliittymissä keskisaarekkeet ovat ovaalin muotoisia. Näistä suurimmassa ovaalin ympäri piirretyn suorakulmion sivut ovat 200 ja 160 m pitkiä. /4/ Suurimmat kiertoliittymät sijaitsevat alueilla, joissa nopeusrajoitus on 70 km/h. 75 % kiertoliittymistä sijaitsee kuitenkin nopeusrajoitusalueella 50 km/h. /24/ Ruotsissa on laskettu keskivuorokausiliikennemääriä 102 kiertoliittymässä.

KVL on kiertoliittymissä keskimäärin 16 000 ajon/vrk, mutta vaihtelu on suuri. Taulukossa 3 on esitetty kiertoliittymien lukumäärä eri liikennemäärillä. Yleensä sivusuunnan liikennevirta on voimakas. 60 % kiertoliittymistä tulee yli 30 % liikennevirrasta sivusuunnalta. /5/

Taulukko 3. Kiertoliittymien liikennemääriä. /5/

Antal cirkulationsplatser i respektive flödesintervall (dygnsflöde):

0 - 10 000	29
10 000 - 15 000	27
15 000 - 20 000	12
20 000 - 25 000	18
25 000 - -	16

Summa cirkulationsplatser
där det totala flödet 102
är känt

Suurin osa kiertoliittymistä sijaitsee Tukholman, Göteborgin ja Malmön kaupunkialueilla. Lisäksi niitä on erityisen paljon Skånessa ja pääteiden varrella. Tyypillinen sijoituspaikka kiertoliittymille on kaupunkien sisääntuloteiden liittymät. Kaupunkialueilla kiertoliittymiä on yleensä pääteiden liittymissä, jos ne risteävät kaupunkialueella.

Ruotsissa kiertoliittymät jaetaan kolmeen tyyppiin keskisaarekkeen halkaisijan perusteella. Tavallisessa kiertoliittymässä keskisaarekkeen säde on yli 10 m, pienessä tavallisessa 2 - 10 m ja minikiertoliittymässä alle 2 m. Sekä tavallisessa että pienessä tavallisessa kiertoliittymässä käytetään korotettua keskisaarekettä. Pienessä tavallisessa kiertoliittymässä korotetun keskisaarekkeen ympärillä voi olla yliajettava osa. Minikiertoliittymän keskisaarekkeen tulee olla kokonaan yliajettava. Tämä helpottaa suurten ajoneuvojen kääntymistä. /27/

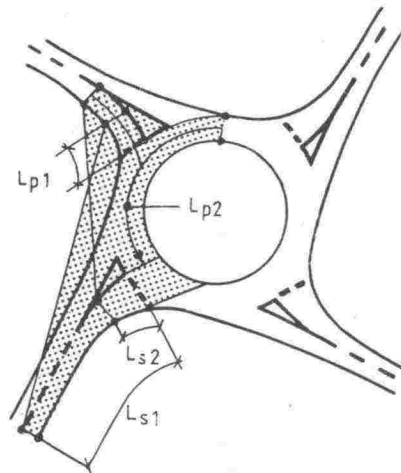
Pääverkolla käytetään yleensä tavallista kiertoliittymää. Liittyvillä teillä ei nopeusrajoitus saa olla yli 70 km/h juuri ennen liittymää, muutoin kiertoliittymä aiheuttaa liian suuren muutoksen liikenneympäristöön. /1/

Ahtaissa olosuhteissa, esim. kaupunkialueella käytetään usein pientä tavallista kiertoliittymää. Jos pienen tavallisen kiertoliittymän keskisaarekkeen säde on 2-5 m, ei liittymään saapuva liikennemäärä saa ylittää 6000 ajon/vrk.

Minikiertoliittymiä käytetään asuinalueilla. Niiden tehtävä on toimia hidastimina, ei niinkään välittää suurta määrää liikennettä.

3.4.2 Suunnitteluperiaatteet

Kiertoliittymissä on etuajo-oikeus kiertoympyrässä ajavilla. Tulohaaroilla tulee olla riittävät näkemät edellisen ja seuraavan tulohaaran suuntaan sekä kiertoväylää pitkin (kuva 30). Matkojen L_{s1} ja L_{p2} tulee olla vähintään 40 m (60 m) ja matkojen L_{p1} ja L_{s2} vähintään 5 m. Yleensä kiertoliittymät valaistetaan. /2/



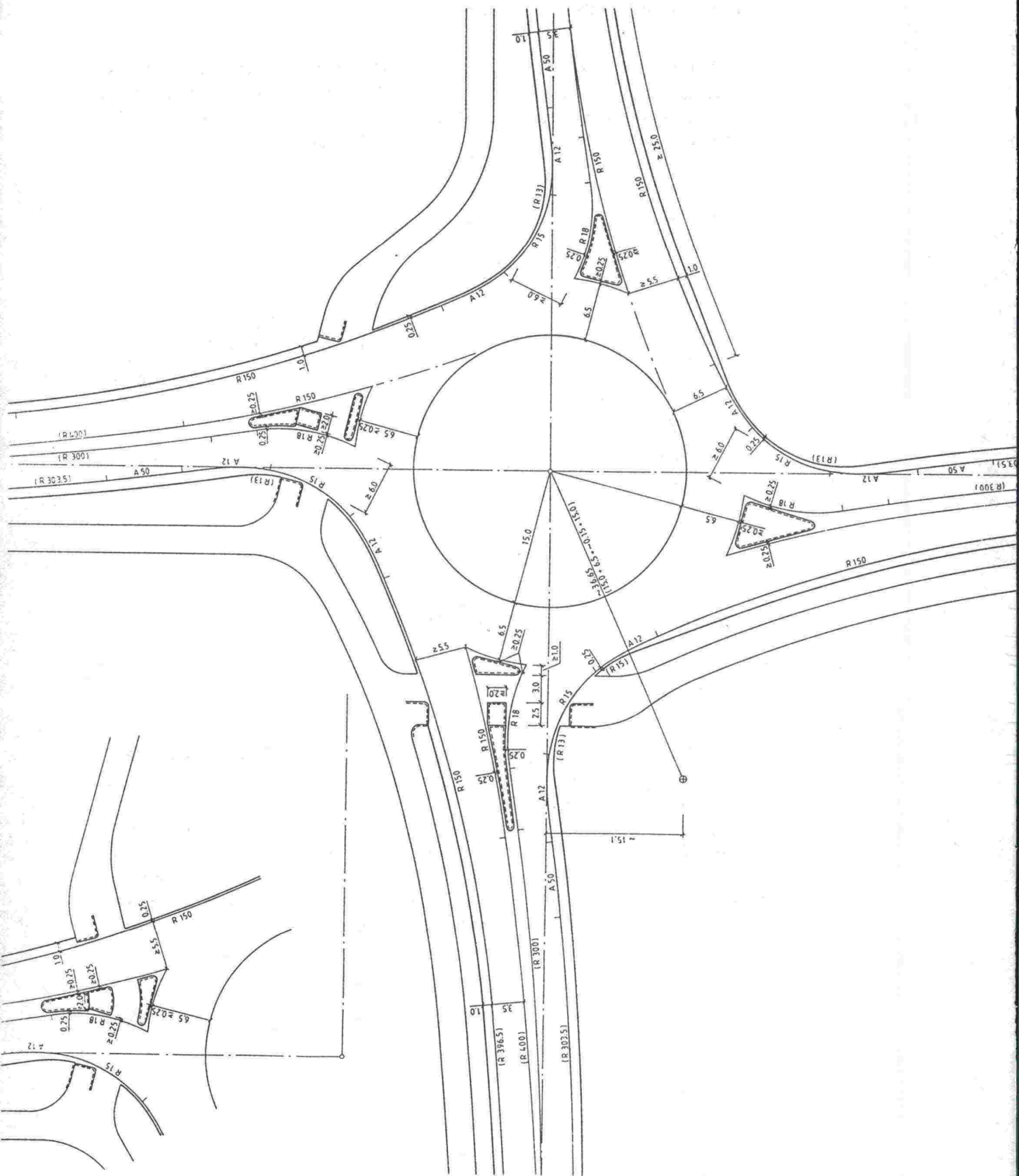
L_{s1} , L_{s2} och L_{p1} mäts från väjningslinjen längs tillfartens körbanekant.

L_{p2} mäts längs ett körspår i respektive tillfarter.

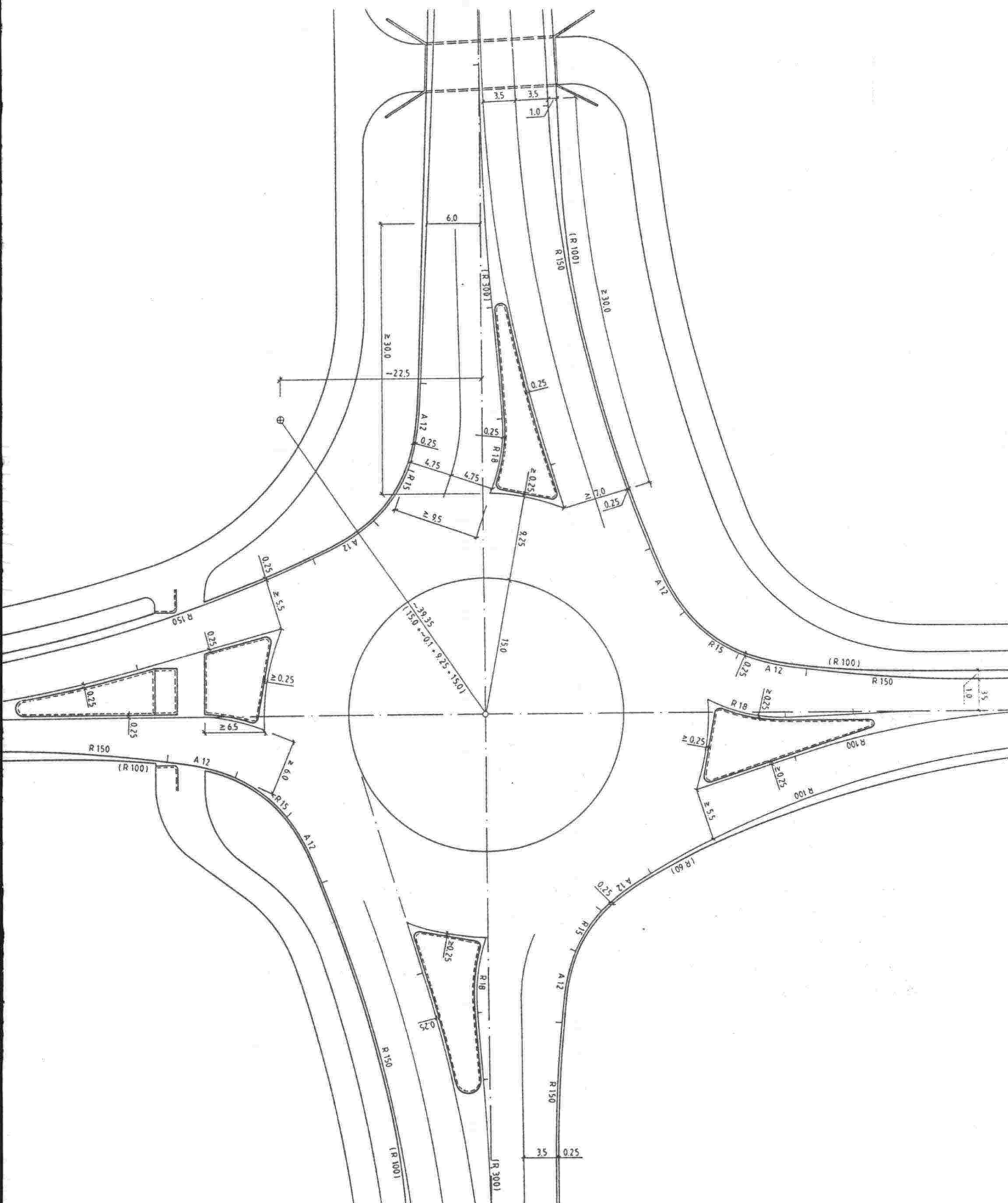
Kuva 30. Näkemävaatimukset kiertoliittymässä. /2/

Kaistojen suunnittelu

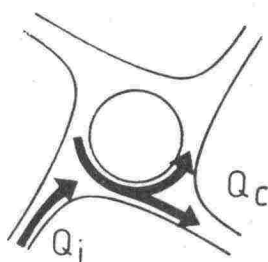
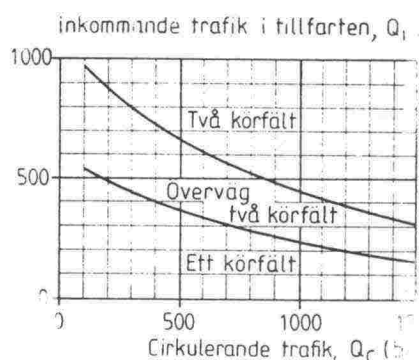
Ruotsissa riittää kiertoliittymässä tavallisesti yksi kaista (kuva 31). Ylimääräiset kaistat kasvattavat liittymän kokoa ja tekevät sen monimutkaisemmaksi. Enempää kuin kahta kiertävää kaistaa ei Ruotsissa käytetä (kuva 32). Liikenneturvallisuussyistä toista kaistaa on käytettävä rajoitetusti, vaikkakin se lisää liikenteenvälityskykyä. Kaistamäärä tulee valita siten, että kullakin tulohaaralla kuormitusaste on alle 0,7 tai mieluummin alle 0,5 (kuva 33). Kuormitusasteet lasketaan tavallisesti ohjelmalla CAPCAL. Jos jollain tulohaaralla kuormitusaste on liian suuri ja tarvitaan kaksi kaistaa, tulee kiertoympyrä myös tehdä kaksikaistaiseksi. /2/



Kuva 31. Yksikaistainen kiertoliittymä Ruotsissa. /2/



Kuva 32. Kaksikaistainen kiertoliittymä Ruotsissa. /2/



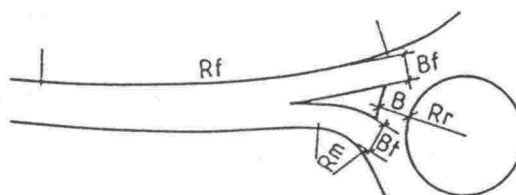
Kuva 33. Kaistamäärän valinta. /2/

Poistumissuunnan kaistamäärä tarkistetaan vertaamalla liikennemääriä kaistan välityskykyyn. Kokeellisesti saatu yhden kaistan välityskyky on n. 1500 ajon/h. Kaksikaistaisessa kiertoliittymässä ei sallita lainkaan kevyttä liikennettä. Tämä johtuu kevyen liikenteen huonosta turvallisuudesta suurissa kiertoliittymissä. Ajouradan ylitys vie kevyeltä liikenteeltä enemmän aikaa suurissa liittymissä ja autoilijoiden on vaikeampi hahmottaa liittymää ja sen kaikkia liikennevirtoja. Kevyt liikenne on kaksikaistaisissa kiertoliittymissä ohjattava muualle tai risteäminen tulee järjestää eritasoon. /2/

Geometrian suunnittelu

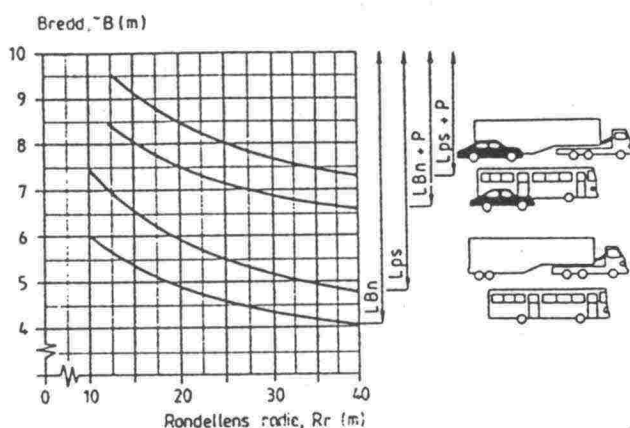
Kiertoliittymän geometrian suunnittelu etenee vaiheittain. Kuvassa 34 on esitetty kiertoliittymän mitoittavat ominaisuudet. Ensimmäisessä vaiheessa valitaan mitoitusajoneuvo ja keskisaarekkeen säde R_r . Keskisaarekkeen säde on yleensä vähintään 10 m. Jos nopeusrajoitus liittyvillä teillä on alle 50 km/h, voidaan valita myös pienempi säde. Keskisaarekkeen säteen tulee olla vähintään 15 m, jos kiertoympeyrässä käytetään kahta kaistaa.

Keskisaarekkeelle sijoitetaan usein istutuksia tai muita koristeita. Niitä suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon näkemävaatimukset. Istutukset voivat aiheuttaa keskisaarekkeen koon kasvun. Kiertoympyrän leveys B valitaan mitoitusajoneuvon ja kiertoaarekkeen säteen perusteella. Valinta tehdään kuvassa 35 esitetyn käyrästä avulla.



Bf = Bredd i frångfart
Bt = Bredd i tillfart

Kuva 34. Kiertoliittymän mitoittavat ominaisuudet. /2/



Kuva 35. Kiertoympyrän leveyteen vaikuttavat tekijät. /2/

Keskisaarekkeen säteen vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ei ole varmoja tuloksia. Pieni säde vaikuttaa ajonopeuksia alentavasti poistumissuunnilla. Poistumissuuntaa ylittävän kevyen liikenteen kannalta on periaatteessa hyvä, että ajonopeudet ovat alhaisia. Kiertoliittymä, jossa on suuri keskisaareke, on vaikea hahmottaa. Suurimmissa kiertoliittymissä keskisaarekkeen säde on yli 40 m. Näin suurten kiertoliittymien on todettu olevan liikenneturvallisuuden kannalta huonoja. /2/

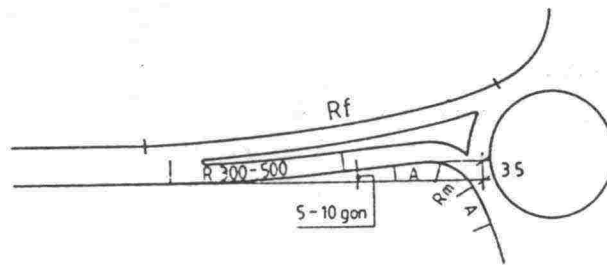
Toisessa vaiheessa suunnitellaan tulosuunnan kaarresäde R_m ja tulosuunnan leveys B_t (kuva 34). Kaarre tulee suunnitella siten, että ajonopeudet liittymässä ovat alhaisimmillaan sen kohdalla. Periaatteessa Ruotsissa sisääntulokaarre kiertoliittymään suunnitellaan kuten T-liittymän kaarre. /2/

Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan poistumissuunnan kaarresäde R_f ja suunnan leveys B_f (kuva 34). Poistumissuunnilla käytetään suurta kaarresädettä, vähintään 100 - 200 m. Kaarresäteen tulee olla mahdollisimman pieni, jos poistumissuunnalla on risteävää kevyttä liikennettä. Periaatteena on, että kiertoliittymästä poistuminen tehdään joustavaksi. On syytä tarkistaa, että poistumissuunnalla ei tarvitse käyttää alhaisempia ajonopeuksia kuin tulosuunnalla. Taulukossa 4 on esitetty tulo- ja poistumissuuntien leveydet tietyllä kaarresäteellä ja eri mitoitusajoneuvoilla tai ajoneuvoyhdistelmillä. Mukaan on otettu myös tilavaatimusluokka. Luokan A mukainen mitoitus vaatii eniten tilaa ja se takaa hyvän ajomukavuuden. Luokissa B ja C mitoitus ei ole aivan niin väljää, vaan esim. luokassa C voi mitoitusajoneuvo käyttää kääntyessään osittain vastaantulevien kaistaa. Kaksikaistaiset tulo- ja poistumissuunnat tulee suunnitella siten, että kaistat ovat täysilevyiset vähintään 30 m ennen liittymää. Jos poistumissuunta kapenee yksikaistaiseksi liittymän jälkeen, suunnitellaan kavennus 75 - 100 m matkalle. /1/

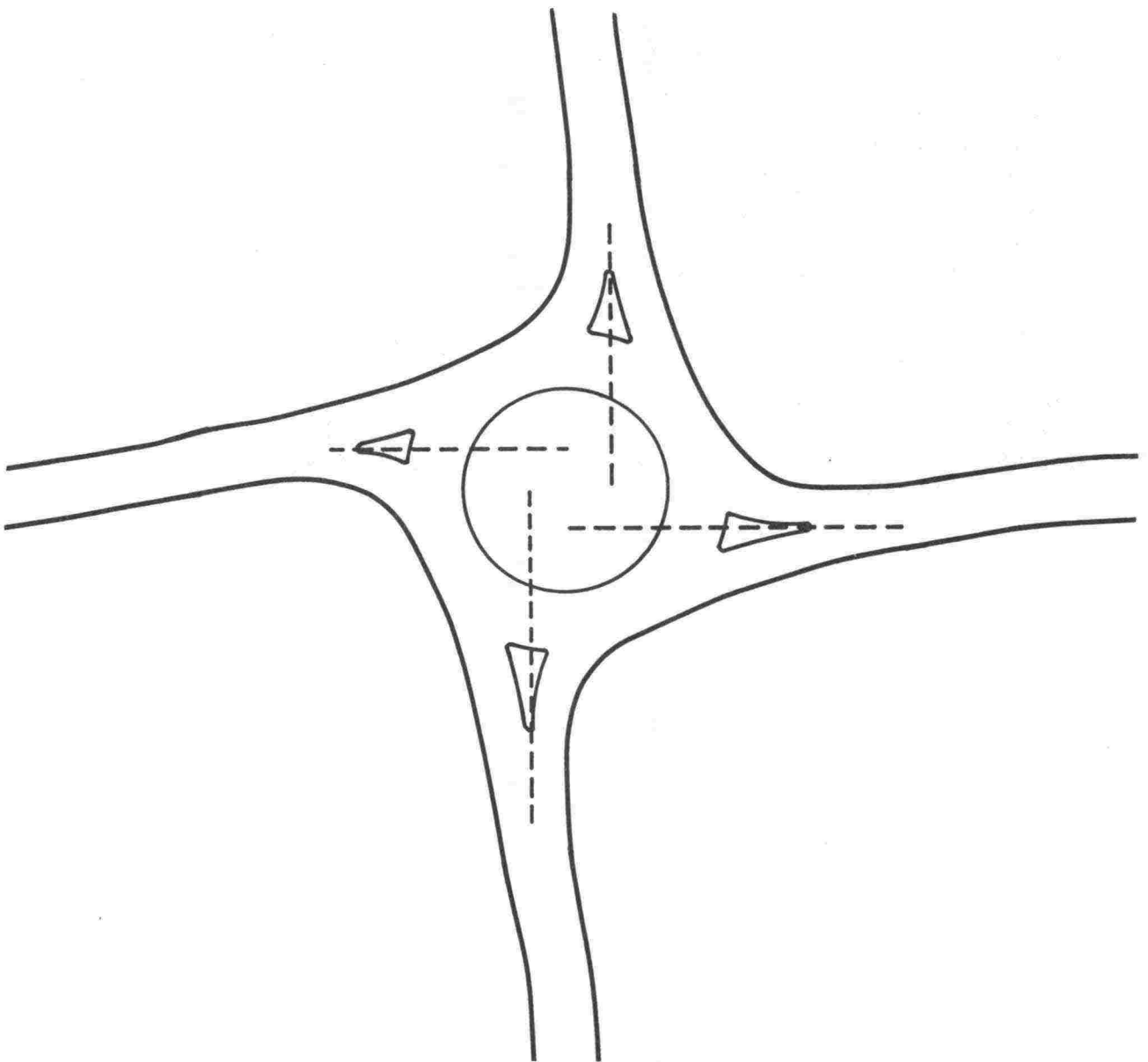
Jos kiertoliittymä sijaitsee tiellä, jossa on korkea nopeusrajoitus ja pitkät liittymävälit, tulee erityistä huomiota kiinnittää liittymän havaittavuuteen. Autoilijoiden on alennettava ajonopeutta ennen liittymää. Tähän voidaan päästä siten, että tulosuunnan linjausta taivutetaan vasemmalle ennen liittymää (kuva 36). Tulosuunnat porrastetaan paremman havaittavuuden saavuttamiseksi (kuva 37). Liiallisessa tulosuuntien porrastuksessa on vaarana, että tulosuunnalta vasemmalle kääntyvät ajoneuvot eivät käänny kiertoympyrän kohdatessaan kiertosuuntaan. Tämän välttämiseksi keskisaarekkeelle sijoitetaan usein taustamerkit, joista kiertosuunta on selvästi havaittavissa. Viimeisessä vaiheessa suunnitellaan saarekkeet tai sulkualueet liittymisalueelle.

Taulukko 4. Tulo- ja poistumissuuntien leveys. /2/

Trafiksituationer	Bredd i tillfart vid kurvradie 15—25 m	Bredd i frånfart vid radie minst 100—200 m
(LBn) A	5,5	5,0
(Lps) A	6,0	5,5
(LBn+P) A	7,0	7,0
(Lps+P) A	9,5	7,0



Kuva 36. Tulosuunnan kaartuminen vasemmalle ennen kiertoliittymää. /2/



Kuva 37. Tulosuuntien porrastus. /2/

Kiertoliittymissä, joiden keskisaarekkeen halkaisija on yli 4 m, tulee voida tehdä U-käännös.

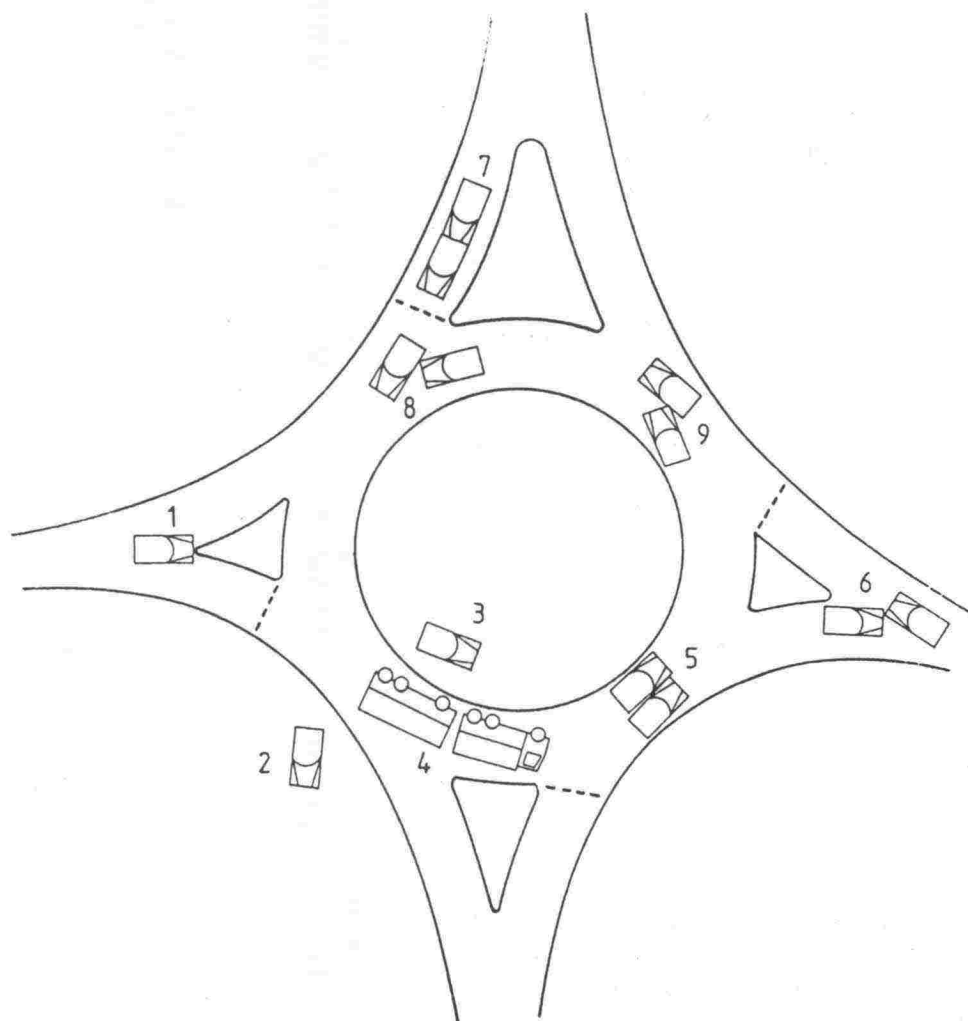
Kiertoliittymään on suunniteltava kallistukset veden johtamiseksi pois liittymästä. Ajonopeudet liittymässä ovat alhaiset, joten suuria sivukaltevuuksia ei tarvita. Sivukaltevuuden ei tarvitse olla yli 2,5 %. Pituuskaltevuus tulee olla tulo- ja poistumissuunnilla alle 5 % ja liittymisalueella alle 2,5 %. /2/

Liittymäkaarteissa ja keskisaarekkeen ympärillä suositellaan käytettäväksi reunakiviä. Ne on suunniteltava siten, että ajoneuvo ei vahingoitu ajaessaan niiden päältä.

3.4.3 Kiertoliittymien turvallisuus

Vuosina 1975 - 1981 tehtiin Ruotsissa laaja selvitys kiertoliittymissä tapahtuneista onnettomuuksista. Useissa liittymissä tutkimusaika oli kuitenkin lyhyempi, koska kiertoliittymät olivat uusia tai onnettomuustiedot joltain ajanjaksolta olivat epäluotettavia. Tutkimuksessa oli mukana 102 kiertoliittymää. Kuvassa 38 on esitetty kiertoliittymän onnettomuustyyppit ja taulukossa 5 niiden jakautuminen. Suurimmat onnettomuustyyppit olivat yksittäisonnettomuudet (1-4) 27 %, onnettomuudet liityttäessä (8) 18,6 %, peräänajo-onnettomuudet (7) 18 % ja onnettomuudet kiertoympyrässä (5) 12,6 %. Tutkimuksessa mukana olleiden kiertoliittymien liikennemäärät on esitetty taulukossa 3. /5/

Onnettomuuksien määrä kiertoliittymissä ei ole merkittävästi alhaisempi kuin tavallisissa tasoliittymissä, joissa on samansuuruiset liikennemäärät, yhtä paljon tulohaaroja ja sama nopeusrajoitus. Kuvassa 39 on esitetty onnettomuusaste kiertoliittymissä liittymään saapuvan liikennemäärän funktiona. Keskimääräiseksi onnettomuusasteeksi (kaikki onnettomuudet) saatiin tutkimuksessa 0,62 onnettomuutta miljoonaa saapunutta ajoneuvoa kohti. /5/



Kuva 38. Kiertoliittymän onnettomuustyyppit. /4/

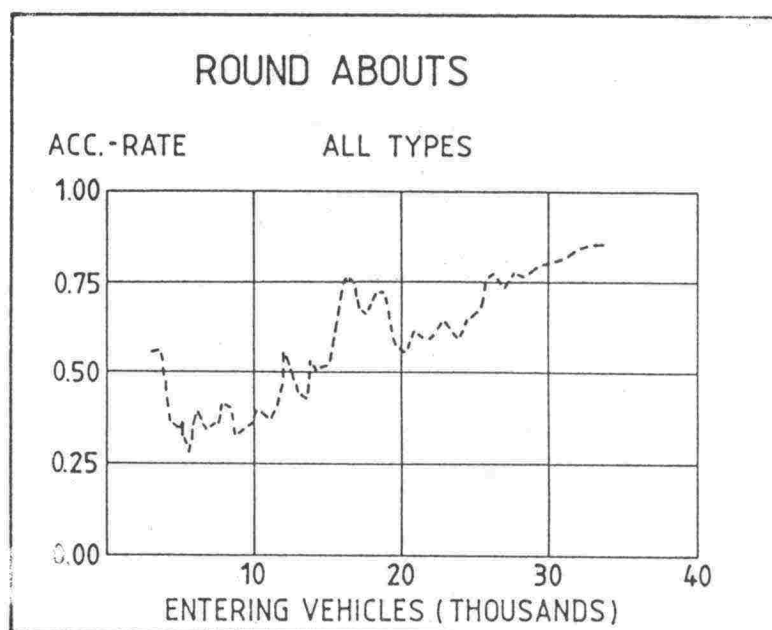
Taulukko 5. Onnettomuustyyppien jakautuminen. /5/

1	Kört på refug	96	6,8 %
2	Avkörning utåt	152	10,7 %
3	Avkörning på rondell	75	5,3 %
4	Vältning	60	4,2 %
5	Trängning vid cirkulation	179	12,6 %
6	Kollision vid avfart	15	1,1 %
7	Upphinnande	256	18,0 %
8	Kollision vid tillfart	264	18,6 %
9	Kollision vid avfart	78	5,5 %
10	Cykel eller mopedolycka	100	7,0 %
11	Fotgängarolycka	32	2,3 %
12	Övrigt olycksförlopp	72	5,1 %
13	Okänt olycksförlopp	40	2,8 %

Summa

1 419

100,0 %



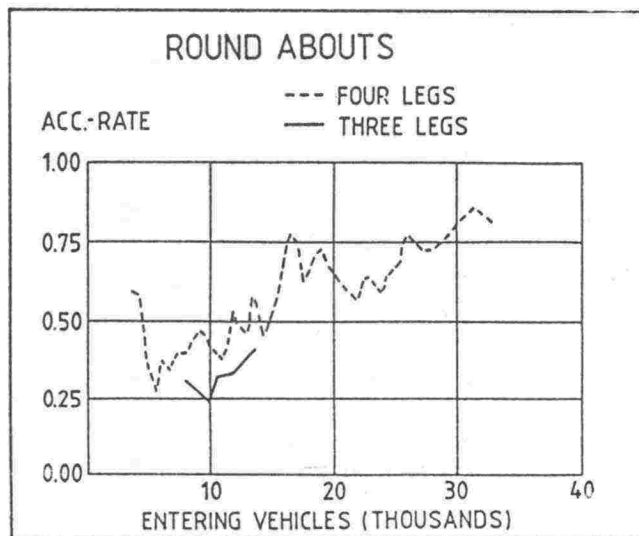
Kuva 39. Liikennemäärien vaikutus onnettomuusasteeseen (kaikki onnettomuudet).
/4/

Loukkaantumiskirski kiirtoliittymissä tapahtuneissa onnettomuuksissa on 0,18 henkilöä onnettomuutta kohti. Luku on hyvin alhainen verrattuna muihin liittymätyyppeihin. V. 1978 tehdyssä aikaisemmassa tutkimuksessa saatiin loukkaantumiskirskiksi kiirtoliittymissä 0,29. Ruotsissa on tutkittu loukkaantumiskirskiä kolmi- ja nelihääriliittymissä maaseutuolosuhteissa ja suurissa liittymissä taajamissa. Tutkimukset on tehty vuonna 1983. Kolmihaaraliittymissä loukkaantumiskirski on 0,56 ja nelihääriliittymissä 0,77. Taajamien suurissa liittymissä loukkaantumiskirski on 0,28 - 0,38 riippuen liittymätyypistä. Eri lähteet eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska tilastoinnissa ja tutkimustavoissa saattaa olla eroavaisuuksia. /5/

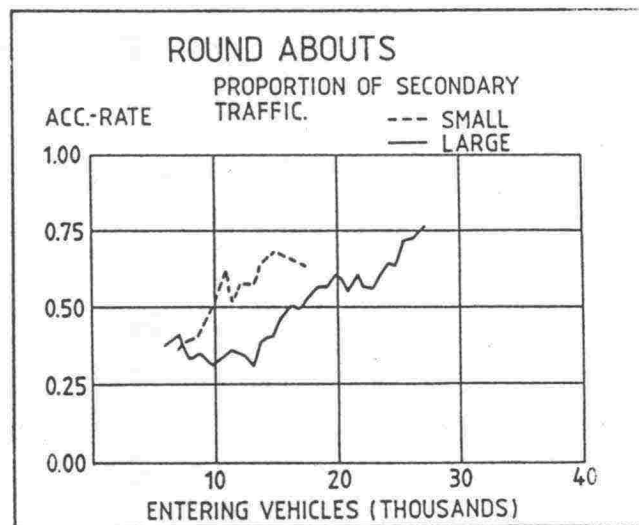
Kevyen liikenteen onnettomuuksia näiden kolmen tutkimuksen perusteella tapahtuu yhtä paljon kaikissa tutkituissa liittymissä. Tulos ei kuitenkaan kuvasta todellista riskiä joutua onnettomuuteen. /5/ Ruotsissa ei suunnitella kevyttä liikennettä kiirtoliittymiin. Tosin asuinalueilla sijaitsevilla kiirtoliittymissä on jonkin verran kevyttä liikennettä.

Tehdyistä tutkimuksesta saadaan kiirtoliittymien onnettomuusasteeksi henkilövahinkoihin johtaneissa onnettomuuksissa 0,11 onn./miljoona liittymän ohittanutta ajoneuvoa. Tämä luku lasketaan usein esim. Norjassa tehdyissä tutkimuksissa ja on täten hyvä vertailtaessa muissa maissa saatuihin tuloksiin.

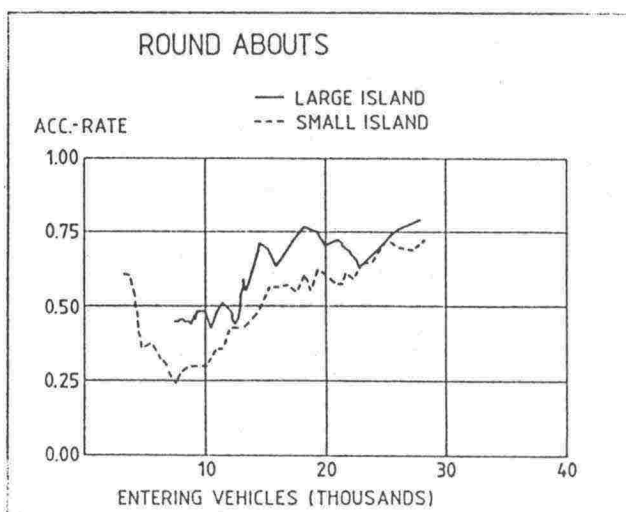
Myös monilla muilla tekijöillä kuin liikennemäärillä on vaikutusta onnettomuusasteeseen. Tällaisia tekijöitä ovat: tulohäarojen lukumäärä (kuva 40), sivusuunnan liikennevirran osuus koko liittymän liikennemäärästä (kuva 41) sekä keskisaarekkeen koko (kuva 42) ja muoto (kuva 43).



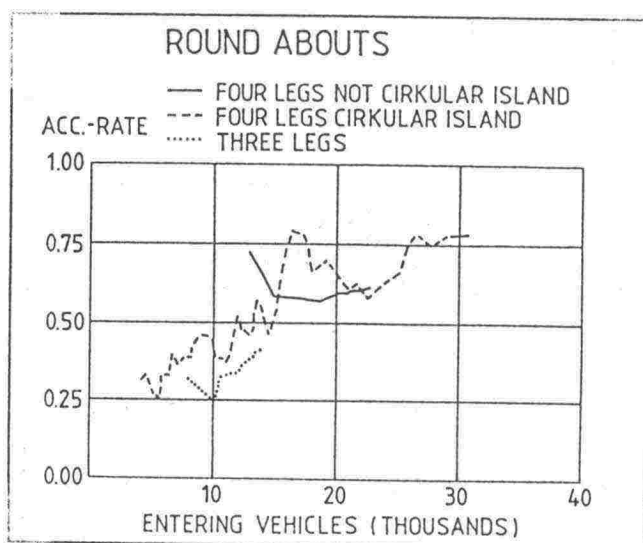
Kuva 40. Tulohaarojen lukumäärän vaikutus onnettomuusasteeseen (kaikki onnettomuudet). /4/



Kuva 41. Sivusuunnan liikennemäärän vaikutus onnettomuusasteeseen nelihaaraisessa kiertoliittymässä (kaikki onnettomuudet). /4/



Kuva 42. Keskiisaarekkeen koon vaikutus onnettomuusasteeseen (kaikki onnettomuudet). /4/



Kuva 43. Keskiisaarekkeen muodon vaikutus onnettomuusasteeseen (kaikki onnettomuudet). /4/

3.4.4 Kiertoliittymän ja valo-ohjatun liittymän vertailu

Ruotsissa on tutkittu valo-ohjatun liittymän muuttamista kiertoliittymäksi. Kokeilu tehtiin Växjössä ja se valmistui v. 1988. Tarkoituksena oli verrata valo-ohjatun liittymän ja kiertoliittymän turvallisuutta ja eroja ajankäytössä liittymän läpi ajettaessa. Liittymässä oli neljä tulohaaraa sen toimiessa valo-ohjattuna. Kiertoliittymässä on viisi tulohaaraa. Nopeusrajoitus vaihtelee tulohaaroilla välillä 50 - 90 km/h, mutta liittymäalueella se on 50 km/h. /18/

Ajonopeuksia mitattiin ennen ja jälkeen tilanteissa 70 - 160 m ennen liittymää. Useimmilla tulohaaroilla ajonopeudet laskivat. Valo-ohjatussa liittymässä vihreää päin ajavien ja kiertoliittymää kohti ajavien ajonopeuksia vertailtaessa todettiin, että ajonopeudet laskivat 1 - 11 km/h. /18/

Taulukossa 6 on esitetty erot keskimääräisissä ajoajoissa liittymän läpi tulohaaroitain ennen ja jälkeen liittymän muuttamista kiertoliittymäksi. Keskimääräiset matkaajat laskivat huomattavasti. Ajoneuvoa kohti laskettuna liittymän aiheuttama viivytys pieneni 8,7 s. /18/

Taulukossa 7 on esitetty häiritsemättömien, pysähtymään joutuneiden ja osittain häirittyjen ajoneuvojen määrät ennen ja jälkeen tilanteissa. Kiertoliittymässä on pysähtymään joutuneita tai häirittyjä ajoneuvoja noin puolet vähemmän kuin valo-ohjatussa liittymässä. /18/

Taulukko 6. Keskimääräisen matka-ajan erot (s) liittymän läpi ennen ja jälkeen tilanteissa kaikilla ajoneuvoilla. /18/

Poistumis- suunta \ Tulo- suunta		Fagra bäcks- vägen a	Öster- leden b	Kalmar- vägen c	Ronneby- vägen d
Fagrb.	a		-8.1	-5.3	-16.9
Österl.	b	-12.4		-5.8	-8.3
Kalmar.	c	-8.6	-19.9		-17.0
Ronneb.	d	-4.5	-1.2	-17.7	

Taulukko 7. Eri asteisesti häirittyjen ajoneuvojen osuus (%) ennen ja jälkeen tilanteissa. /18/

Fria fordon Före Efter		Stoppade fordon Före Efter		Delvis störda fordon Före Efter	
22	63	68	27	10	10
20-25 ¹⁾		59-67 ¹⁾			

1) 95% konfidensintervall

Liittymässä tutkittiin konflikteja ennen ja jälkeen tilanteissa. Konfliktien määrä oli pieni. Valo-ohjatussa liittymässä havaittiin 6 konfliktia ja kiertoliittymässä 10. Otos on pieni ja varmoja johtopäätöksiä ei voida tehdä. Konflikteja tarkasteltaessa todettiin, että onnettomuusriski henkilövahinkoihin johtaneissa onnettomuuksissa oli jälkeen-tilanteessa noin puolet pienempi kuin ennen kiertoliittymän rakentamista. Tutkimuksesta pääteltiin, että omaisuusvaurioihin johtaneita onnettomuuksia on kiertoliittymässä enemmän kuin valo-ohjatussa liittymässä. Saadut tulokset ovat kuitenkin epävarmoja, koska otos oli pieni.

Hyvänä tuloksena pidettiin sitä, että ajonopeudet laskivat kiertoliittymää lähestyttäessä ja samalla matkanopeudet liittymässä kasvoivat. Kiertoliittymän todettiin olevan hyvä ratkaisu myös siksi, että onnettomuusriski henkilövahinko-onnettomuuksissa pieneni. /18/

4. KIERTOLIITTYMÄT SUOMESSA

4.1 Kiertoliittymien käyttö

Suurin osa Suomen kiertoliittymistä on rakennettu 1960- ja 1970-luvuilla. Tyypillisesti kiertoliittymiä rakennettiin kaupunkien vilkkaasti liikennöityjen sisääntuloteiden ja katuverkon liittymiin. Useimmat kiertoliittymät sijaitsevat kaupunkialueilla. Yleisillä teillä on Suomessa alle kymmenen kiertoliittymää. Yhteensä kiertoliittymiä on laskettu olevan 20 - 30 kpl. Lisäksi on n. 10 kiertoliittymää muistuttavaa liittymää, mutta niitä ei ole geometriansa tai toimintatapansa vuoksi luokiteltu kiertoliittymiksi. /24/

Suomessa rakennetuissa kiertoliittymissä oli yleensä suuri keskisaareke. Tämä johti siihen, että pitkässä kiertoympyrässä ajonopeudet kasvoivat ja liittymän toimivuus ja turvallisuus heikkeni. Lisäksi on todettava, että suurilla liikennemäärillä kiertoliittymät olivat alttiita tukkeutumaan, koska väistämisvelvollisuus oli yleensä kiertoympyrässä ajavilla. Huonojen kokemusten vuoksi useita kiertoliittymiä muutettiin valo-ohjatuiksi liittymiksi. Tähän vaikutti myös se, että liittymiä haluttiin yhdenmukaistaa. Kiertoliittymissä ajo koettiin vaikeaksi ja vaaralliseksi. Tämän tyyppinen liikenneympäristö oli vieras.

Kiertoliittymät koettiin vaikeiksi myös sikäli, että niiden kohdalla teitä ei voitu luokitella pää- ja sivuteiksi. Kiertoliittymässä ei voi antaa pääsuunnalle etuisuuksia kuten esim. valo-ohjatussa liittymässä. Myös raskaan liikenteen ajateltiin olevan ongelmallinen kiertoliittymissä. Suuret ympyrät vaativat myös paljon tilaa ja ne tulivat kalliiksi kaupunkialueilla. Kevyen liikenteen järjestelyt koettiin hankaliksi ja kevyen liikenteen onnettomuudet olivat yleisiä.

1970-luvun alussa asetettiin yleisillä teillä etuajo-oikeus kiertoliittymässä ajaville. Tämä sääntö ei ole vieläkään voimassa kaikissa kiertoliittymissä. Osittain se voi johtua siitä, että liittymien toimivuudessa ei ole vielä havaittu suuria ongelmia. Yhdenmukainen etuajo-oikeuskäytäntö olisi paras, jotta ajotapa kiertoliittymässä opittaisiin. Kiertoliittymä vaatii joustavaa ajotapaa ja vetoketjuperiaatteen käyttöä liikennöitäessä.

4.2 Kiertoliittymien uudet suunnitteluperiaatteet

Ohjeisto kiertoliittymien suunnittelusta on Suomessa pääosin hyvin vanhaa. Ohjeet vuodelta 1974 määrittelevät keskisaarekkeen minimisäteeksi 40 m /14/. Ohjeita laadittaessa on otettu huomioon sekoittumisalueiden pituusvaatimus kiertoympyrässä. Etuajo-oikeus suositellaan näissäkin ohjeissa annettavaksi kiertoympyrässä ajaville. Uudemmat tasoliittymäohjeet mainitsevat kiertoliittymän erikoisratkaisuna.

Uusien suunnitteluperiaatteiden mukaan kiertoympyrään ei mitoiteta sekoittumisalueita. Sekoittuminen ei tapahdu kiertoympyrän sisällä, vaan heti kiertävään liikennevirtaan liittyttäessä. Tämä mahdollistaa pienemmät kiertoliittymät. Ajoneuvojen nopeudet eivät pienissä ympyröissä nouse korkeiksi, mikä parantaa turvallisuutta. Pienet ympyrät on myös helpompi hahmottaa kuin suuret ympyrät.

Uudella periaatteella toimivia kiertoliittymiä ei ole Suomessa vielä rakennettu kovin paljoa. Tiehallitus on julkaissut kiertoliittymien suunnitteluperiaatteita ja käyttöä käsittelevän raportin v. 1990. Kiertoliittymät jaetaan kokonsa puolesta miniympyröihin, pieniin, tavallisiin ja suuriin kiertoliittymiin. Miniympyröissä keskisaarekkeen säde on alle 2 m, pienissä kiertoliittymissä 2 - 10 m, tavallisissa 10 - 20 m ja suurissa yli 20 m. /13/

Kiertoliittymä soveltuu hyvin yksiajorataisten teiden liittymiin, joissa on tapahtunut paljon risteämis- ja kohtaamisonnettomuuksia. Se soveltuu myös liittymiin, joissa esiintyy välityskykyongelmia sivusuunnilla. Taajamaväylillä sopivia kiertoliittymän sijoituspaikkoja ovat porttikohdat ja pääliittymät. Kiertoliittymä soveltuu myös liittymiin, joissa pääsuunta tekee mutkan, tai kääntyvien ajoneuvojen osuus on muuten suuri. Etuajo-oikeussuhteiltaan epäselvissä liittymissä kiertoliittymä on usein toimiva vaihtoehto. Kiertoliittymä on myös turvallis ja toimivin ratkaisu, jos liittymässä on enemmän kuin neljä tulohaaraa ja paikalle halutaan vain yksi tasoliittymä. /13/

Kiertoliittymä ei sovellu tiejaksoille, joissa on tavoitteena pääsuunnan häiriötön kulku kuten ohikulkuteillä. Se soveltuu huonosti myös valo-ohjatuille tieosuuksille, vihreän aallon sekaan sekä kuusikaistaisille teille. /13/

5. KIERTOLIITTUMIEN LIIKENTEENVÄLITYSKYVYN LASKENTAMALLIT

5.1 Iso-Britannia

5.1.1 Laskentamallien kehitys

Ensimmäiset laskentamallit kehitettiin kiertoliittymille, joissa oli liittyvän liikenteen etuajo-oikeus. Suurin vaikutus kiertoliittymän liikenteenvälityskyvyn on tällöin sekoittumisalueilla. Wardropin mallissa sekoittumisalueen kapasiteetti määritellään sen koon ja muodon sekä sekoittumaan joutuvan liikenteen osuuden perusteella /19/. Malli on muotoa:

$$Q_p = \frac{283 * w * (1 + e/w) * (1 - p/3)}{(1 + w/l)} \quad (1)$$

Q_p = sekoittumisalueen liikenteenvälityskyky (ajon/h)

w = sekoittumisalueen leveys (m)

l = sekoittumisalueen pituus (m)

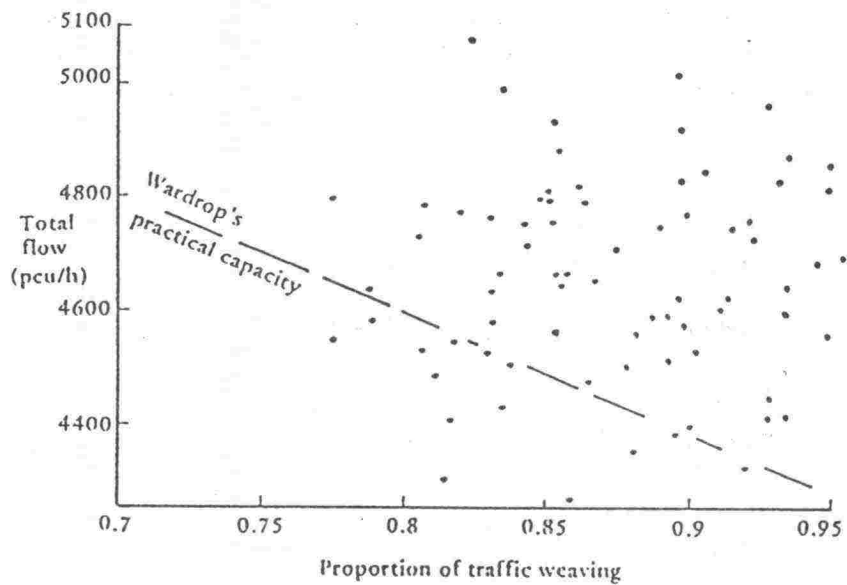
e = ajotilan leveys (m)

p = sekoittumaan joutuvan liikenteen osuus (ajon/h)

Myöhemmin todettiin, että sekoittumaan joutuvan liikenteen osuudella ei ollut suurta vaikutusta liikenteenvälityskyvyn ja malli kehitettiin muotoon /19/:

$$Q_p = \frac{160 * w * (1 + e/w)}{1 + w/l} \quad (2)$$

Etujajo-oikeus annettiin vuonna 1966 kiertoympyrässä ajaville. Tämä muutti liikenteenvälityskyvyn laskentaperusteita. Osoitettiin, että liikenteenvälityskykyä ei voi laskea vanhojen mallien mukaan, vaan välityskyky oli todellisuudessa parempi kuin laskentamalleilla saatu tulos (kuva 44). Sekoittumisalueiden sijaan tulee tarkastella liittymisalueiden välityskykyä. Laskentamalleja on kehitetty useita eri lähtökohdista lähtien.



Data from the Elephant and Castle roundabout
(from Ashworth and Laurence 1974)

Kuva 44. Koe Wardropin mallin soveltuvuudesta kiertoliittymiin, joissa on kiertävän liikenteen etuajo-oikeus. /15/

Blackmore kehitti mallin, jolla laskettiin koko liittymän välityskyky sellaisessa tilanteessa, jossa kaikilla tulohaaroilla oli jono /17/. Muuttujina käytettiin tulohaarojen leveyttä ennen liittymää ja sitä alaa, jonka ne levenivät liittymään saavuttaessa. Koko liittymän välityskyky saatiin siis laskettua vain tasaisesti kuormittuneessa tilanteessa. Yksittäisten tulohaarojen välityskykyä ei voitu laskea, eikä myöskään mallintaa tilannetta, jossa jono olisi ollut vain osalla tulohaaroja. Tämä malli on muotoa:

$$Q_p = k * (\sum W + \sqrt{A}) \quad (3)$$

Q_p = liikenteenvälityskyky (ajon/h)

k = kerroin, joka riippuu kiertoliittymän tyypistä ja tulohaarojen lukumäärästä

W = liittyvien teiden leveydet (m)

A = liittyvien teiden levenemisalojen summa (m²)

Seuraavan vaiheen malleissa tarkastellaan yksittäisten tulohaarojen välityskykyä. Tulohaaran välityskyvylä tarkoitetaan suurinta mahdollista liikennevirtaa, joka pystyy liittymään kiertävään liikennevirtaan silloin, kun tulohaaralla on jatkuva jono. Tulohaaran välityskyky laskee, kun kiertoympyrän liikennevirta kasvaa. Kuljettajilla on tällöin vähemmän tilaisuuksia liittyä kiertävään liikennevirtaan. Tulohaaran välityskyvyn laskentaan on kehitetty teoreettisia ja myöhemmin myös kokeellisia malleja.

Tannerin malli on kehitetty teoreettiselta pohjalta ja se perustuu ajoneuvojen välisiin vaikutuksiin /32/. Siinä tehdään oletus, että kiertoliittymä on sarja yhteenkytkettyjä T - liittymiä. Malli on muotoa:

$$Q_e = \frac{Q_c * (1 - B * Q_c)}{e^{Q_c * (A - B)} * (1 - e^{-C * Q_c})} \quad (4)$$

Q_e = liittyyvä liikenne (ajon/s)

Q_c = kiertävä liikenne (ajon/s)

A = raja-aikaväli (s)

B = pienin aikaväli etuajo-oikeutetussa liikennevirrassa (s)

C = lähtöaikaväli (s)

Tannerin mallia ovat kehittäneet edelleen mm. Wohl, Martin, Armitage, McDonald, Ashworth ja Laurence /15,32/. Tulohaaran liikenteenvälityskyvyn riippuvuus kiertävästä liikennevirrasta voidaan määrittää teoreettisesti myös suoraan kiertoliittymän geometrisista ominaisuuksista. Tällöin ei turvauduta ajoneuvojen välisten vaikutusten tarkasteluun.

Kokeelliset mallit on kehitetty havaittujen liikennemäärätietojen pohjalta. Yksinkertaisin kokeellinen liikenteenvälityskyvyn laskentamalli on muotoa:

$$Q_e = F - f_c * Q_c \quad (5)$$

Q_e = tulohaaran liikenteenvälityskyky

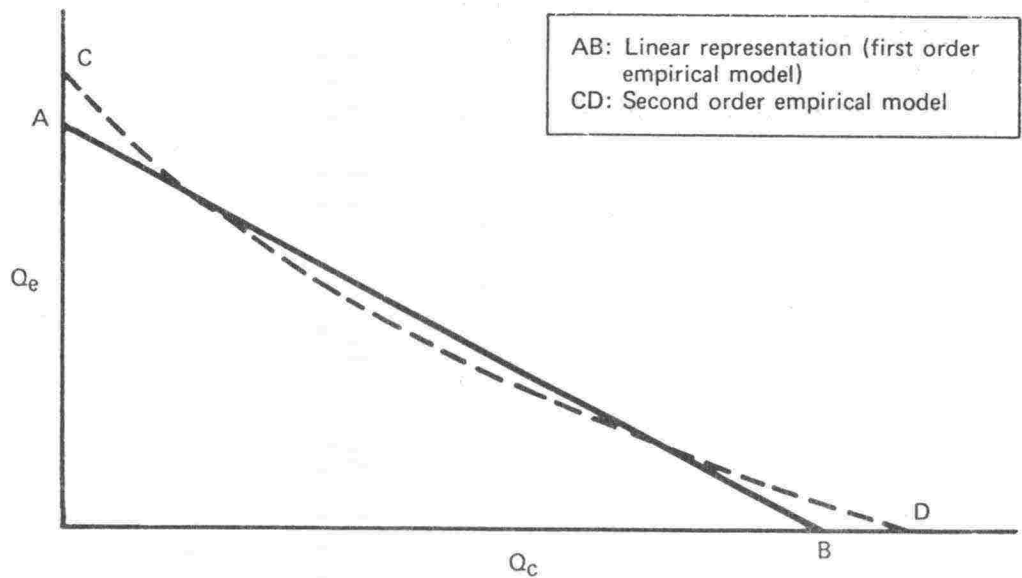
Q_c = kiertävä liikennevirta kyseisen tulohaaran kohdalla

F ja f_c = vakioita, jotka riippuvat liittymän geometriasta

Kun tähän yhdistetään teoreettinen malli, saadaan kokeellisten mallien seuraava aste (kuva 45). /15/

$$Q_e = F - f_c * Q_c + g * Q_c^2 \quad (6)$$

g = vakio



Kuva 45. Tulohaaran liikenteenvälityskyky Q_e kiertävän liikennevirran Q_c funktiona. /15/

Liittymän geometrian vaikutusta liikenteenvälityskykyyn on Iso-Britanniassa tutkittu laajassa tutkimuksessa 1970 - luvulla. Eniten liikenteenvälityskykyyn vaikuttavat tulohaaran levenemisen suuruus ennen liittymää olevasta kaistaleveydestä ($e-v$) ja liittymäalueen leveys (e). Lisäksi kiertoliittymän sisään ajotilan ulkoreunaa pitkin piirretyn ympyrän säteellä (D), tulohaaran ja kiertoympyrän välisellä kulmalla (ϕ) ja sisään tulon kohdalla olevalla kääntymissäteellä (r) on vaikutusta liikenteenvälityskykyyn. Tutkimuksessa määritettiin kokeellisen laskentamallin vakiotermi:

$$Q_e = k * (F - f_c * Q_c), \quad f_c * Q_c \leq F \quad (7)$$

$$= 0, \quad f_c * Q_c > F$$

$$k = 1 - 0,00347 * (\phi - 30) - 0,978 * (1/r - 0,05)$$

$$F = 303 * x_2$$

$$f_c = 0,210 * t_d * (1 + 0,2 * x_2)$$

$$t_d = 1 + 0,5 / (1 + \exp(D - 60) / 10)$$

$$x_2 = v + (e + v) / (1 + 2 * s)$$

$$s = \text{tulosuunnan levenemisen jyrkkyys}$$

$$= 1,6 * ((e - v) / l') \text{ (m)}$$

$$l' = \text{levenemismatka (m)}$$

$$(e, v, l', s, D, \phi, r \text{ ks. kuva 12})$$

Q_c tietyn tulohaaran kohdalla syntyy edellisistä tulohaaroista liittyvästä liikenteestä, josta on poistettu edellisille suunnille kääntyvä liikenne. /15/ Taulukossa 8 on esitetty kääntyvän liikenteen keskimääräiset osuudet kolmi-, neli- ja viisihaaraisessa kiertoliittymässä.

Taulukko 8. Kiertoliittymien kääntyvien liikennevirtojen oletusarvot. /26/

Default turning proportions						
No. of Arms	1st Arm	Proportion of Traffic to:		4th Arm	5th Arm	6th Arm
		2nd Arm	3rd Arm			
3	0.5	0.5				
* 4 (all arms)	0.185	0.63	0.185			
** { 4 MAJOR	0.125	0.75	0.125			
	4 MINOR	0.22	0.56	0.22		
5	0.125	0.375	0.375	0.125		
6	0.1	0.25	0.3	0.25	0.1	
7	0.1	0.15	0.25	0.25	0.15	0.1

* no distinct major/minor axes

** distinct major and minor axes

5.1.2 ARCADY2

ARCADY2 (Assessment of Roundabout Capacity and Delay) on ohjelma, joka mallintaa yksisaarekkeisen kiertoliittymän liikenteenvälityskykyä, syntyviä jonoja ja viivytyksiä. Kyseessä ei ole simulointiohjelma. Kiertoliittymien välityskykylaskenta-ohjelmien kehitys aloitettiin Transport and Road Research Laboratoryssa 1970 -luvulla. ARCADY - ohjelmasta on tällä hetkellä kehitteillä kolmas versio.

ARCADY2:ta käytetään apuneuvona kiertoliittymien suunnittelussa. Mallinnettava kiertoliittymä voi olla tasoliittymä tai eritasokiertoliittymä. Liittymän tulohaarojen lukumäärä voi vaihdella kolmesta seitsemään. Ohjelma ottaa liittymän geometrian hyvin tarkasti huomioon. Sille voidaan määritellä myös esim. liittymän läheisyydessä sijaitsevien suojateiden paikka. Jos suunnitelmaa muutetaan, saadaan muutoksen vaikutukset liikenteenvälityskykyyn, syntyviin jonoihin ja viivytyksiin sekä ennustettuihin liikenneonnettomuuksiin välittömästi laskettua. /26/

Välityskykylaskennassa käytetään kokeellisesti kehitettyä mallia (7) (5.1.1). Ohjelma vaatii välityskykylaskentaa varten seuraavien geometrinen ominaisuuksien arvot. Sallittu vaihteluväli on ilmoitettu ominaisuuden jälkeen.

Tulosuunnan leveys ennen liittymää (v): 2,2 - 12 m

Tulosuunnan leveys liittymisalueella (e): 3 - 16 m

Tulosuunnan kulma saapuvan ja liittyvän liikenteen välillä (θ): 0 - 80°

Säde sisääntulon kohdalla (r): ≥ 3 m

Matka, jolla tulosuunta levenee arvosta v arvoon e (l'): ei rajoitusta

Liittymän sisälle ajotilan ulkoreunaa pitkin piirretyn ympyrän halkaisija (D): ≥ 13 m

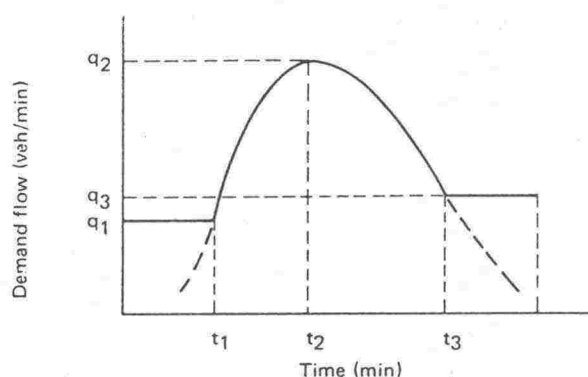
Jos kiertoliittymä on eritasossa, käytetään kaavaa:

$$Q_e = 1,11 * F - 1,4 * f_c * Q_c \text{ (ajon/h)}$$

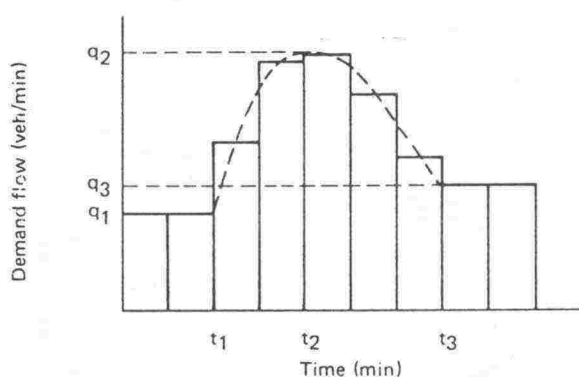
Q_c eli tulohaaran ohittava kiertävä liikenne lasketaan edellisistä liittyvän liikenteen ja edellisiin tulohaaroihin kääntyvän liikenteen erotuksena. Ohjelma käyttää taulukossa 8 (5.1.1) määriteltyjä oletusarvoja kääntyvien liikennevirtojen suuruudesta, ellei niitä tarkemmin tiedetä ja haluta määritellä.

Välityskykylaskennassa mallinnetaan ajanjaksoja, jolloin liikennemäärät ovat suurimmillaan. Tyypillisiä ajanjaksoja ovat aamu- ja iltahuipputunnit. Ajanjakso jaetaan ARCADY2:ssa 10 tai 15 minuutin mittaisiin osiin ja liikenteenvälityskyky, jononpituudet ja viivytykset lasketaan näiden lyhyempien ajanjaksojen aikana kullekin tulohaaralle erikseen. Liikennemäärien oletetaan pysyvän vakioina 10 tai 15 minuutin ajanjakson aikana.

Liikennemäärien syöttämisessä ohjelmalle on useita eri tapoja. Ne voidaan esim. syöttää kullekin 10 tai 15 minuutin ajanjaksolle erikseen (ajon/min). Ohjelmalle voidaan myös määritellä, miten liikennemäärät tietyllä tulohaaralla jakautuvat esim. iltahuipputunnin aikana. Tällöin annetaan aika, jolloin virta alkaa kasvaa kohti huippua, huippuvirran aika, ja aika jolloin virta alkaa vähentyä. Lisäksi syötetään liikennemäärät (ajon/min) ennen huippua, huipulla ja huipun jälkeen. Näistä tiedoista ohjelma laskee liikennevirtaprofiilin (kuva 46). Uusia liittymiä suunniteltaessa liikennevirtojen tarkka määrittäminen on usein mahdotonta ja liikennemäärät voidaan syöttää myös karkeammin. Kultakin tulohaaralta kaikille muille tulohaaraille huipputunnissa suuntautuva liikenne voidaan syöttää matriisin muodossa (ajon/h). Tästäkin tiedosta ohjelma laskee liikennevirtaprofiilin ja mallintaa paitsi huipputunnin myös ajanjakson ennen huippua ja sen jälkeen. Näiden ajanjaksojen pituus on 15 min. Ohjelmaan on lisäksi mahdollista syöttää tietoa raskaan liikenteen osuudesta ja kevyen liikenteen määrästä. Oletusarvona raskaalle liikenteelle käytetään 10 %:a. /26/



(a) Theoretical shape of synthesised profile

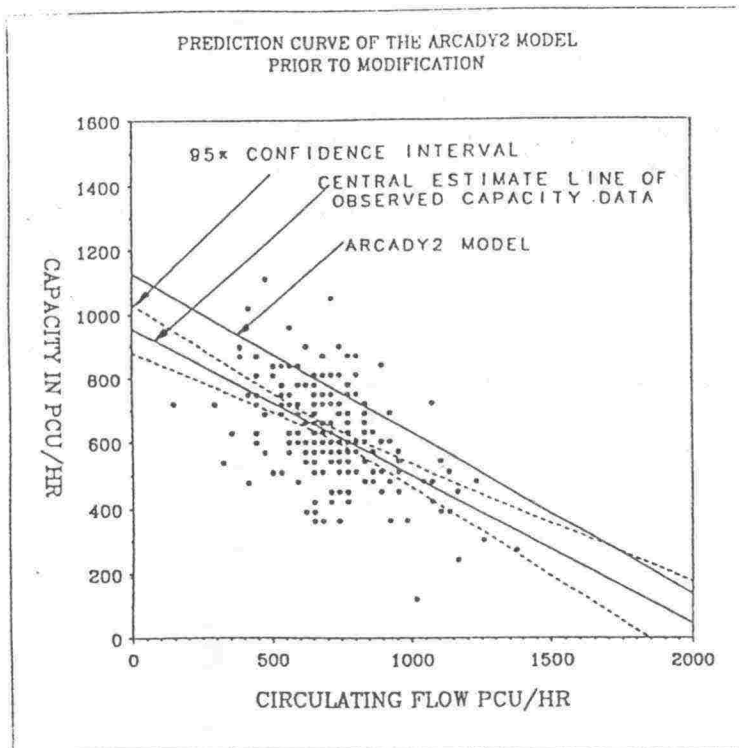


(b) Segment by segment flows generated

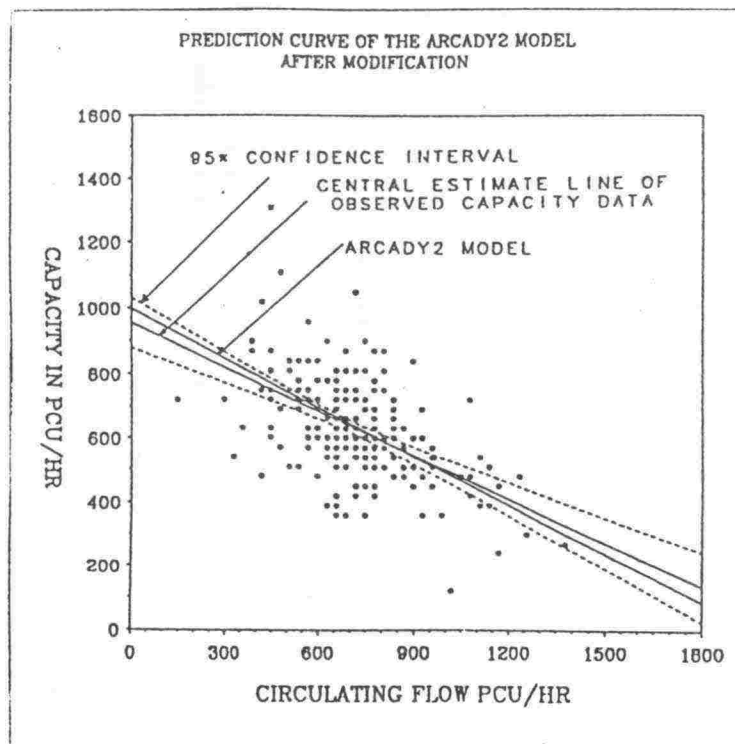
Kuva 46. Liikennevirtaprofiili. /26/

Liikenteenvälityskyvyn laskentamalli on kalibroitu tyypillisessä kierto liittymässä. On todettu, että liittyvän liikenteen välityskyvyssä voi olla paikasta ja suunnitelmasta riippuen korkeintaan 15 %:n virhe. Ohjelma antaa mahdollisuuden korjata tätä virhettä, jos suunniteltavana on esim. vanhan kierto liittymän parantaminen. Liikennelaskennat tulee suorittaa vähintään 60 minuutin ajan kierto ympyrässä ja tulohaaralla silloin, kun tulohaaralla on jono. Ohjelma laskee näistä keskimääräisen minuutin tulohaaralta liittyvän liikenteen ja sen kohdalta kiertävän liikennevirran. Niiden suhteella se korjaa laskentamallin termiä F . /26/

Tämä laskentamallin korjausmahdollisuus antaa mahdollisuuden kalibroida malli vastaamaan erilaisia olosuhteita ja ajokäyttäytymistä. Esim. Israelissa on todettu, että ARCADY2 yliarvioi kierto liittymien välityskykyä sikäläisissä olosuhteissa (kuva 47). Tätä tulosta osattiin kuitenkin odottaa, sillä Israelissa ei ole yhtä paljon kierto liittymiä kuin Iso-Britanniassa eli ajokäyttäytyminen on erilaista. Laskentamallin termiä F pienennettiin n. 10 %, jonka jälkeen mallin antamat tulokset vastasivat hyvin liikennelaskentojen tuloksia (kuva 48). /10/

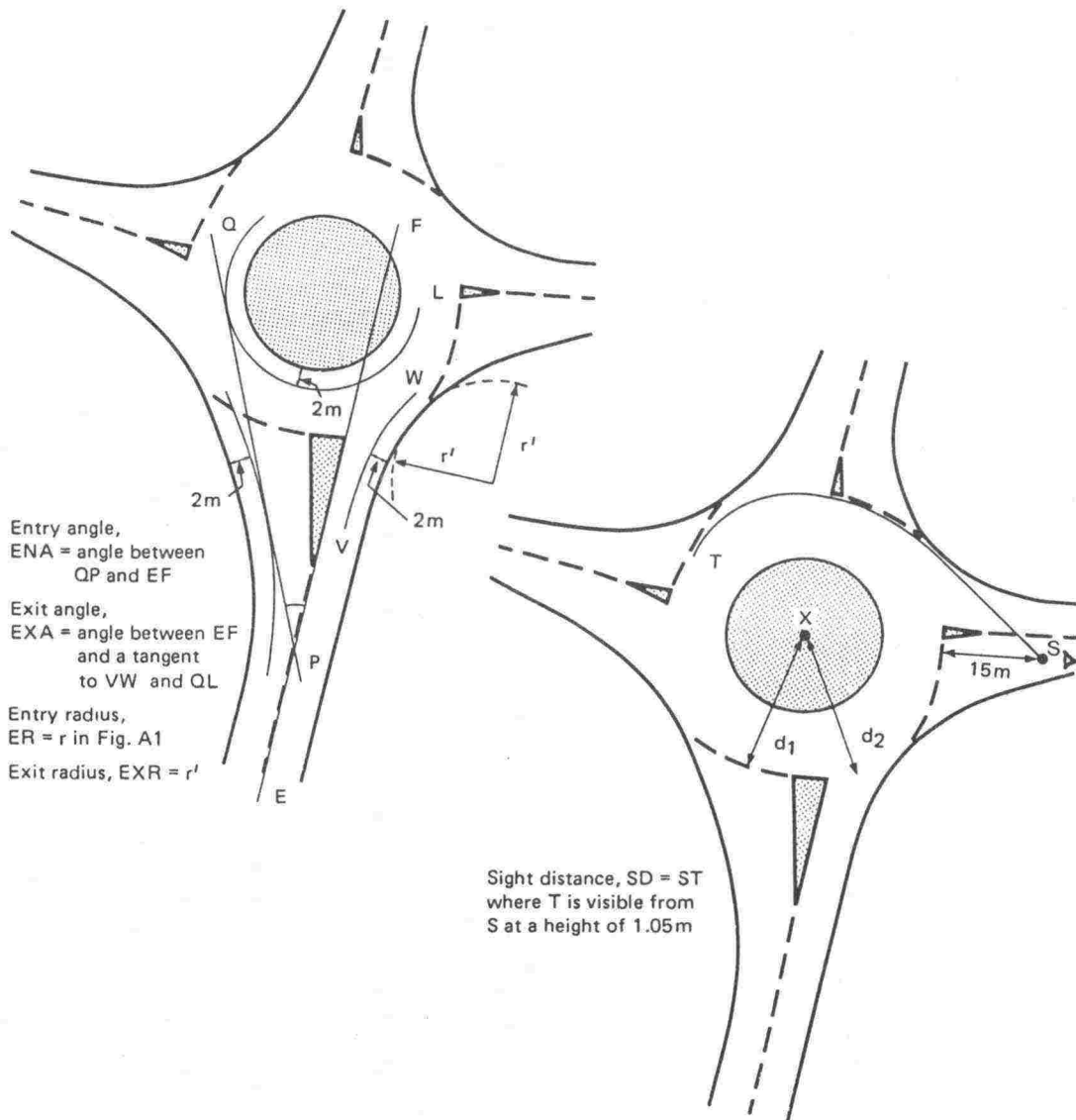


Kuva 47. Alkuperäisen ARCADY2 - mallin ennustama liikenteenvälityskyky ja lasketut liikennevirrat, Israel. /10/



Kuva 48. Kalibroidun ARCADY2 - mallin ennustama liikenteenvälityskyky ja lasketut liikennevirrat, Israel. /10/

ARCADY2 laskee myös liittymän aiheuttaman geometrisen viivytuksen. Geometrisen viivytys aiheutuu siitä, että liittymään saavuttaessa on hiljennettävä ajonopeutta ja kiihdytettävä liittymän jälkeen uudelleen. Ajoura liittymän läpi ei ole suora eikä siis useinkaan lyhin mahdollinen. Muihin liittymätyyppeihin verrattuna kierto liittymissä on joillain virroilla huomattavasti suurempi geometrisen viivytys. Liikennevirran huipputunnin aikana, joita ARCADY2:lla yleensä mallinnetaan, jonossa syntyvät viivytykset ovat suurempia kuin geometrisen viivytys. Se on kuitenkin huomioitava pienillä liikennevirroilla. Geometrisen viivytys on sama kaikille ajoneuvoille kullakin kääntymissuunnalla ja se ei vaihtelee liikennemäärien mukaan. Geometristen viivytysten laskenta helpottaa suunniteltavana olevan kierto liittymän vertailua muihin kierto liittymiin tai liittymätyyppeihin. Suunnittelija voi varmistaa, että saavutetut säästöt jonotuksen aiheuttamissa viivytyksissä eivät vähene mahdollisilla geometrisen viivytuksen lisäyksillä. Geometrisen viivytuksen laskentaa varten on liittymän geometriasta syötettävä lisää tietoa (kuva 49). Ohjelma antaa mahdollisuuden myös jättää geometrisen viivytys laskematta. /26/



Kuva 49. Parametrien mittaaminen geometrisen viivytuksen laskentaa varten (vasemmanpuoleinen liikenne). /26/

Ohjelmaan on myös syötetty tilastotietoa kiertoliittymissä esiintyneistä onnettomuuksista. Se ennustaa annettujen geometria- ja liikennemäärätietojen pohjalta suunnitellun kiertoliittymän vuosittaiset henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet tulohaaroittain. Tämä ohjelman osa toimii vain nelihaaraisissa kiertoliittymissä, joiden keskisaarekkeen halkaisija on 4 m tai sen yli. /26/

Lähtötietojen syöttämisessä on kaksi tapaa. Lähtötiedoista voidaan tehdä tiedosto ennen ohjelman käynnistämistä ja lukea se ohjelmassa sisään. Toinen tapa on käyttää ohjelman sisältämää vuorovaikutteista osaa, joka sarjalla kysymyksiä määrittelee lähtötiedot. Ohjelma esittää kysymyksiä usealla sivulla, joista täytetään kulloinkin tarvittavat osat. Liittymän geometriatiedot voi syöttää vastaamalla kysymyksiin tai täyttämällä parametrien arvot graafisessa osassa. Varsinkin uusille käyttäjille graafinen osa on erittäin hyödyllinen. Se näyttää geometrysten parametrien sijainnin liittymän suunnitelmassa ja opastaa niiden määrittämisessä.

Lähtötietojen syöttämisen jälkeen käynnistetään laskenta. Tämä prosessi kestää muutamia sekunteja. Ohjelma tulostaa listauksen lähtötiedoista, laskennassa käytetyistä arvoista sekä jonopituudet ja kuormitusasteen tulohaaroittain kunkin 10 - 15 minuutin ajanjakson lopussa. Jonopituudet esitetään myös kuvina tulohaaroittain. Jos laskentaan on otettu mukaan onnettomuuksien ennustus ja geometrysten viivytysten laskenta, tulostuvat nämä tulokset taulukkomuodossa. Lopuksi ohjelma näyttää taulukossa kokonaisviivytykset ja keskimääräisen viivytyksen koko mallinnetulta ajalta.

Ohjelma on kirjoitettu Fortran IV -kielellä. Sitä on saatavana sekä mikro-, että keskuskoneversiona. Mikroversio toimii esim. 640K MSDOS mikrotietokoneissa. ARCADY2:lla ei ollut ennen tätä tutkimusta käyttäjiä Suomessa.

5.2 Norja

Norjassa käytetään kiertoliittymissä tulohaaran välityskyvyn laskevaa mallia. Siellä on tutkittu Iso-Britanniassa kehitetyn kokeellisen laskentamallin ((7) 5.1.1) soveltuvuutta välityskyylaskentaan. Erilaiset olosuhteet ja ajokäyttäytyminen on otettu huomioon mallia kalibroimalla. /12/ Norjassa käytetty malli on muotoa:

$$K = F - f * M_s$$

$$F = 275 * X$$

$$f = 0,282 * (1 + 0,2 * X)$$

$$X = v + \frac{(e - v)}{1 + S * 2}$$

$$S = \frac{1,6 * (e - v)}{l'}$$

$$K = \text{tulohaaran liikenteenvälityskyky (ajon/h)}$$

$$M_s = \text{kiertävä liikennevirta kyseisen tulohaaran kohdalla (ajon/h)}$$

$$(e, v, S, l' \text{ ks.kuva 12})$$

Alkuperäistä mallia on yksinkertaistettu ja kertoimia on muutettu. Tämä malli ei ota liittymän geometriaa yhtä hyvin huomioon kuin englantilainen malli.

Laskettua tulohaaran liikenteenvälityskykyä kerrotaan korjauskertoimella, jos raskaan liikenteen osuus poikkeaa 10 %:sta tai jos liittymä sijaitsee kaltevassa maastossa (taulukko 9). /12/

Taulukko 9. Korjauskertoimen arvot raskaan liikenteen osuuden ja maaston kaltevuuden mukaan. /12/

% tunge	Stigning (+)/fall (-)				
	-4	-2	+0	+2	+4
0	1.37	1.22	1.10	.92	.79
5	1.33	1.18	1.05	.87	.72
10	1.32	1.15	1.00	.83	.66
15	1.30	1.10	.95	.79	.61
20	1.28	1.08	.92	.75	.57

Tulohaaran liikenteenvälityskyvyn laskenta etenee siten, että aluksi lasketaan laskentaparametrit liittymän geometrinen ominaisuuksien perusteella. Sen jälkeen lasketaan kiertävä liikennevirta kunkin tulohaaran kohdalla ja tulohaaran korjaamaton liikenteenvälityskyky. Tätä arvoa korjataan korjauskertoimella jonka jälkeen sitä verrataan liittymän liikennemääriin. Keskimääräinen viivytys (v) ajoneuvoa kohden saadaan kaavasta:

$$v \text{ (s/ajon)} = \frac{3600}{(K - M)}$$

K = tulohaaran liikenteenvälityskyky (ajon/h)

M = tulohaaran liikennemäärä (ajon/h)

On huomattava, että koko liittymän liikenteenvälityskykyä ei mitoiteta laskemalla tulohaarojen liikenteenvälityskyvyn maksimiarvoja yhteen. Koko liittymän liikenteenvälityskyky saadaan laskemalla tulohaarojen liikennemäärät yhteen siinä tilanteessa, kun yhden tulohaaran kuormitusaste on 1. Kriittinen tulohaara on usein eri esim. aamu- ja iltahuipputunteina liikenteen erilaisesta jakautumasta johtuen. Myös koko liittymän liikenteenvälityskyky vaihtelee eri kuormitus tilanteissa. /12/

5.3 Tanska

Tanskassa on todettu, että Iso-Britanniassa kehitetyt kokeelliset mallit eivät sovellu käytettäväksi tanskalaisissa kiertoliittymissä. Tanskassa käytetään liikenteenvälityskyvyn laskentaan teoreettisesti kehitettyä mallia. Se on kehitetty Tannerin mallin ((4) 5.1.1) pohjalta. Mallissa kiertoliittymää pidetään sarjana yhteenkytkettyjä T-liittymiä ja oletetaan, että liittymät toimivat vaikuttamatta toisiinsa. /29/

Tulohaaran liikenteenvälityskyky N_{\max} (ajon/h) lasketaan yhtälöstä:

$$N_{\max} = N_c * \frac{e^{\frac{-N_c * T}{3600}}}{1 - e^{\frac{-N_c * \delta}{3600}}}$$

N_c = kiertävä liikennevirta kyseisen tulohaaran kohdalla (ajon/h)

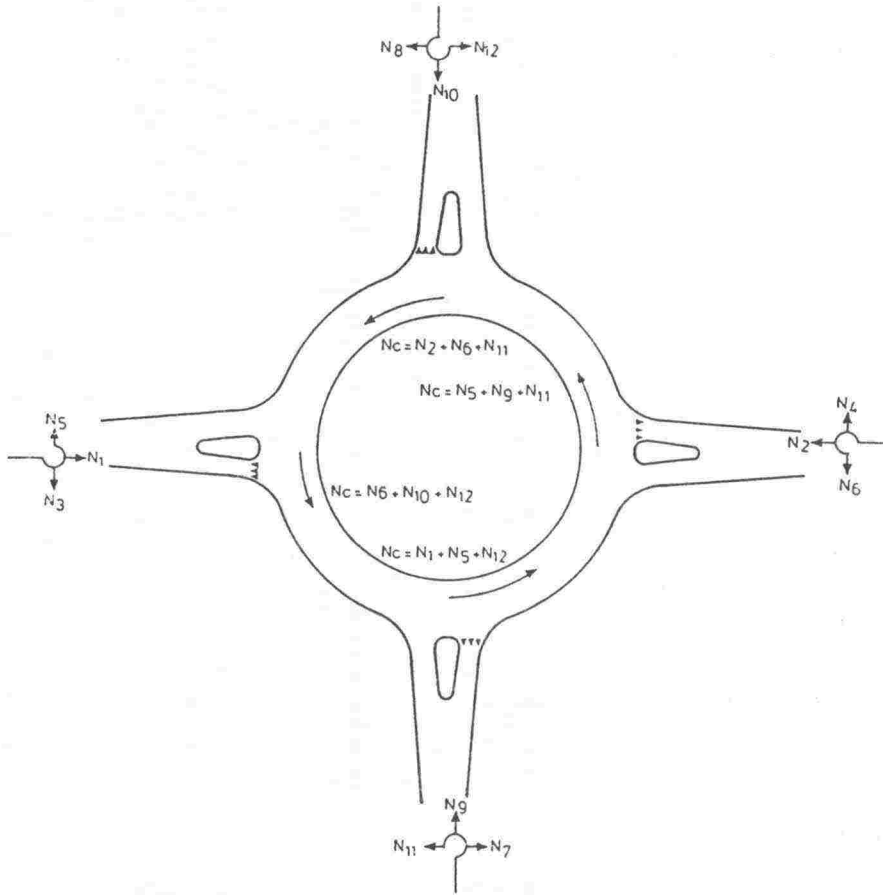
T = raja-aikaväli (s)

δ = lähtöaikaväli (s)

Kuvassa 50 on esitetty N_c :n laskenta nelihaarisessa kiertoliittymässä. Raja-aikavälin (τ) arvot ovat välillä 3 - 6 s. Tanskalaisissa kiertoliittymissä ei ole mitattu aikavälin arvoja, mutta Iso-Britanniassa tehdyt havainnot on sovitettu tanskalaisiin olosuhteisiin. Raja-aikavälin arvo kasvaa kiertävän liikennevirran nopeuden ja kiertoympyrän leveyden kasvaessa. Tyypillinen raja-aikaväli on 4 - 5 s. /29/

Lähtöaikavälillä tarkoitetaan sitä aikaa, joka on kahden jonossa peräkkäin ajavan ajoneuvon välillä niiden liittyessä kiertävään liikennevirtaan samaa aikaväliä käyttäen. Lähtöaikavälin arvon on todettu olevan välillä 2 - 4 s. Tanskassa ei ole tehty tästä tutkimuksia, vaan arvo perustuu Iso-Britanniassa tehtyihin tutkimuksiin. Käytännössä on todettu, että nämä arvot sopivat myös Tanskan olosuhteisiin. Tavallinen lähtöaikaväli on 2 - 3 s. /29/

Jos tulosuunta sijaitsee ylämäessä, lisätään raja-aikavälin ja lähtöaikavälin arvoja 1 s. Alamäessä sijaitsevilla tulosuunnilla lähtöaikavälin arvosta vähennetään 1 s. /29/



Kuva 50. Kiertävän liikennevirran laskeminen kunkin tulohaaran kohdalla. /29/

Laskentamallista saadaan tulohaaran teoreettinen liikenteenvälityskyky N_{\max} . Tulohaaralla on tällöin jatkuva jono ja viivytykset ovat huomattavan suuria. Liikenteenvälityskyvyn laskenta aloitetaan valitsemalla palvelutaso (taulukko 10). Laskentaa ajatellen tämä merkitsee suurimman sallitun viivytyksen määrittämistä. Liikenteenvälityskyvyn arvo valitulla palvelutasolla (N_{till}) saadaan:

$$N_{till} = N_{\max} - 3600/t_m$$

$$t_m = \text{viivytyks (s)}$$

Taulukko 10. Palvelutasot ja niiden viivytykset. /29/

Middelventetid (sek / pe)	Beskrivelse af forsinkelsen	Serviceniveau
0 - 11,9	næsten ingen	A
12 - 17,9	begyndende	B
18 - 23,9	ringe	C
24 - 35,9	nogen	D
36 - 71,9	stor	E
> 72	meget stor (sammenbrud)	F

Laskettua välityskyvyn arvoa verrataan havaittuihin tai ennustettuihin liikennemääriin. N_{till} tulee olla suurempi kuin havaitut liikennemäärät. Jos näin ei ole ja valittu palvelutaso halutaan säilyttää, täytyy tulohaaralle ja kiertoympyrään lisätä toinen kaista. Kiertoliittymän liikennevirrat jakaantuvat nyt eri tavalla. Tämän jälkeen tarkkaillaan yhden kaistan liikennemääriä, määritetään uusi arvo N_c :lle ja lasketaan N_{max} ja N_{till} uusilla arvoilla. /29/

Kuvatulla tavalla voidaan laskea yksittäisten tulohaaroiden liikenteenvälityskyky. On huomattava, että koko kiertoliittymän välityskykyä ei saada summaamalla laskettuja tulohaaroiden välityskyvyn arvoja. Koko kiertoliittymän välityskyky lasketaan siten, että kaikilla tulohaarilla kasvatetaan liikennemääriä kunnes liikennemäärä jollain tulohaaralla saavuttaa arvon N_{till} . Kun tässä tilanteessa lasketaan liikennemäärät yhteen kaikilta tuloharoilta, saadaan koko kiertoliittymän liikenteenvälityskyky. Tämä arvo tosin pätee vain oletetulla liikenteen jakautumalla. /29/

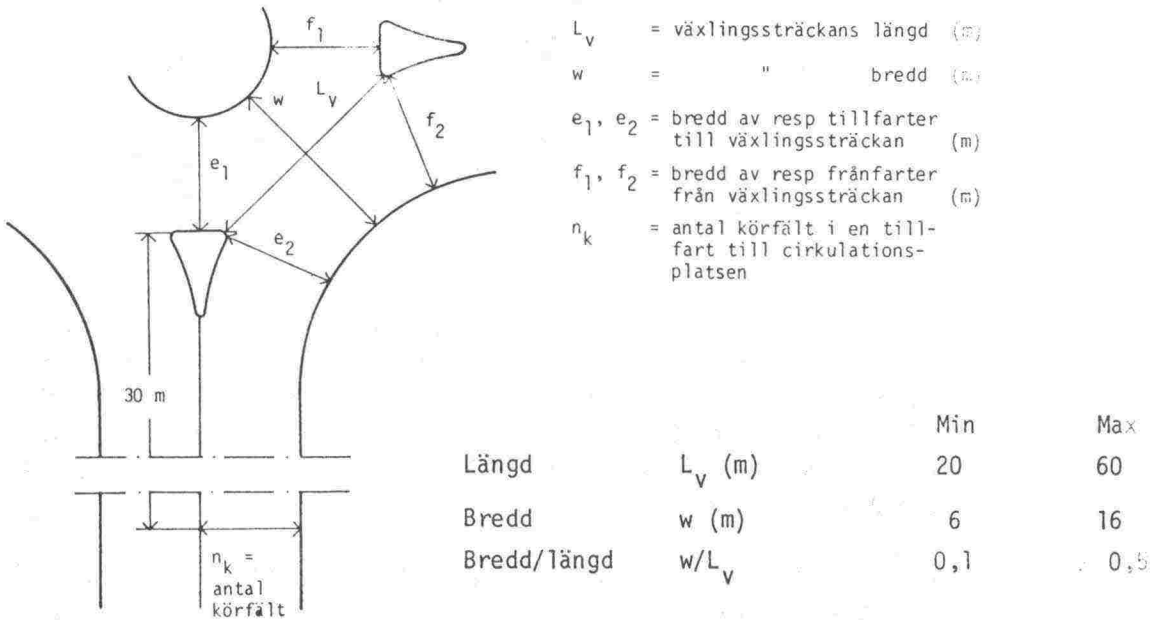
Jos kevyttä liikennettä on paljon, on sen vaikutus liikenteenvälityskykyyn otettava huomioon. Tällöin tehdään oletus, että yksi jalankulkija, polkupyöräilijä tai mopoliija vastaa yhtä henkilöautoa. Kevyt liikenne pienentää tällöin autoliikenteen kapasiteettia. /29/

5.4 Ruotsi

Ruotsissa käytetään kiertoliittymän liikenteenvälityskyvyn laskentaan mallia, jossa määritetään kiertoympyrän sekoittumisalueiden välityskyky. Samalla periaatteella kehitettyä laskentamallia on käytetty esim. Iso-Britanniassa ennenkuin väistämisvelvollisuus asetettiin tulosuunnille. Ruotsissa on kaikissa kiertoliittymissä väistämisvelvollisuus kaikilla tulosuunnilla. Laskentamalli on kehitetty tällaista tilannetta varten. /3/

Kiertoliittymässä on sekoittumisalue aina yhden tulosuunnan ja seuraavan poistumissuunnan välillä. Sekoittumisalueet ovat kiertoliittymissä yleensä lyhyitä verrattuna muihin sekoittumisalueisiin. Kiertoliittymissä sekoittumisalueiden pituus vaihtelee 20 - 60 m. Lyhyt sekoittumisalue toimii eri tavalla kuin pitkä. Lyhyellä alueella voi tapahtua vain yksi sekoittumistoiminto kerrallaan. /3/

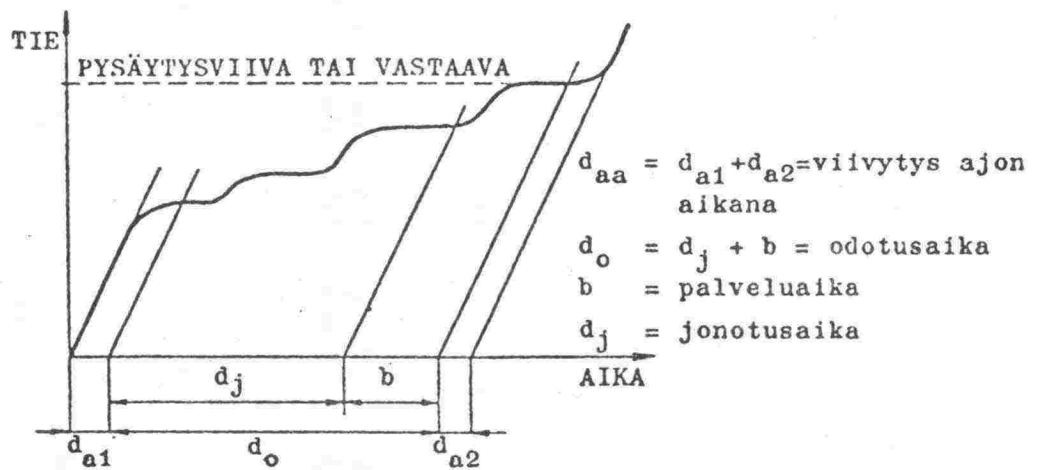
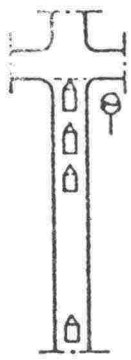
Kiertoliittymän geometriset ominaisuudet vaikuttavat mm. siihen kuinka suuren osuuden päävirrasta katsotaan joutuvan konfliktiin liittyvän liikenteen kanssa. Tätä kautta ne vaikuttavat myös liikenteenvälityskykyyn. Merkittäviä liittymän geometrisia tekijöitä ovat tulo- ja poistumissuunnan sekä kiertoympyrän leveys. Raja-aikavälin määräytymiseen vaikuttaa tulosuunnan ja kiertoympyrän välinen kulma. Tämä kulma määritellään sekoittumisalueen leveyden ja pituuden suhteella. Kuvassa 51 on esitetty geometrysten ominaisuuksien mittausta ja sallitut vaihtelut.



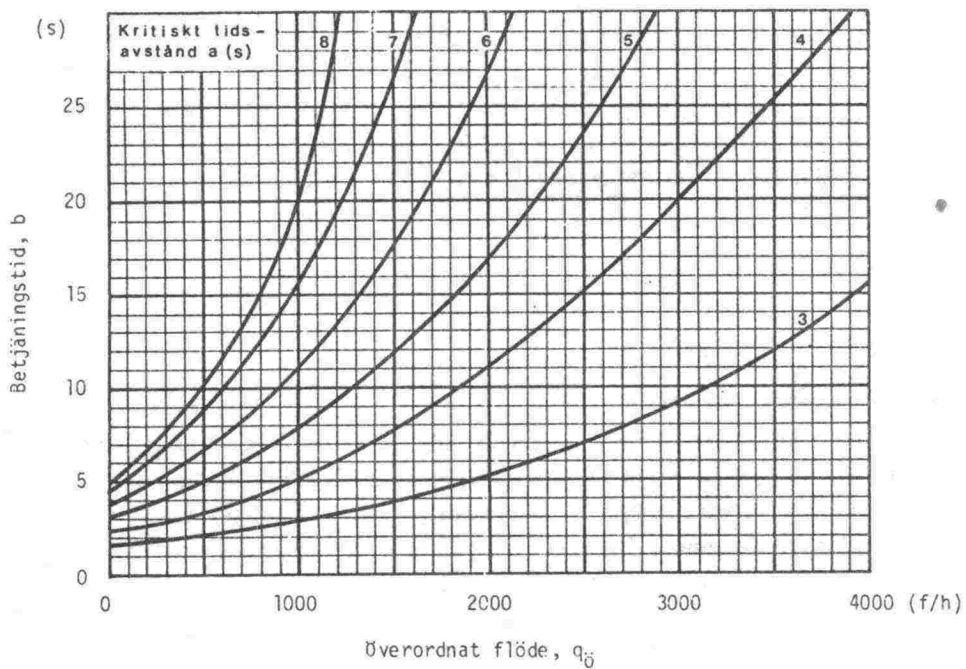
Kuva 51. Kiertoliittymän liikenteenvälityskyvyn laskennassa huomioon otettavien geometrysten ominaisuuksien mittausta ja sallitut vaihteluvälit. /3/

Välityskyky lasketaan siis erikseen kullekin tulohaaralle ja siihen liittyvälle sekoittumisalueelle. Paitsi liittymän geometriasta, liikennemääristä ja niiden jakautumisesta, on välityskyky riippuvainen myös palveluajasta kullakin liikennevirralla. Palveluajalla tarkoitetaan sitä osaa odotusajasta, jonka tietyn sivuvirran ajoneuvo tarvitsee ollessaan ensimmäisenä jonossa ennen liittymistä tai risteämistä päävirran kanssa (kuva 52) /30/. Palveluaika määritetään kuvan 53 käyrästä avulla etuajo-oikeutetun liikennevirran suuruuden ja raja-aikavälin perusteella.

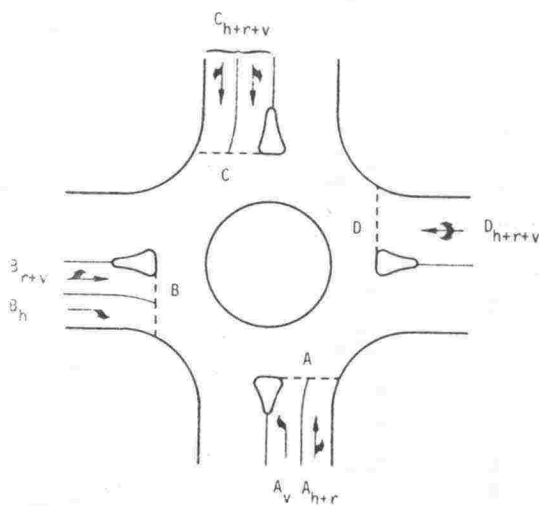
Laskentaa varten tulosuunnat jaetaan osatulosuuntiin (kuva 54). Tämän jälkeen määritetään kunkin osatulosuunnan liikenteen kanssa sekoittumaan joutuvat kiertävät liikennevirrat. Myös raja-aikaväli ja palveluaika määritetään liikennevirroille osatulosuunnittain.



Kuva 52. Palveluajan käsite. /30/



Kuva 53. Palveluajan määrittäminen. /3/



A = två deltillfarter A_{h+r}
 A_v

B = två deltillfarter B_h
 B_{h+r+v}

C = en deltillfart C_{h+r+v}

D = en deltillfart D_{h+r+v}

Kuva 54. Jako osatulosuuntiin. /3/

Liikenteenvälityskyky K lasketaan seuraavasti /3/:

$$K = (q_1 + q_2 + \dots + q_s) / B$$

$$B = \frac{q_1 * b_1 + q_2 * b_2 + \dots + q_s * b_s}{n_k * 3600}$$

q_1, q_2, \dots, q_s = liikennevirrat kaistoittain

b_1, b_2, \dots, b_s = palveluajat

n_k = samalla tulosuunnalla olevien kaistojen lukumäärä

B = kuormitusaste

Liikenteenvälityskykylaskennan yhteydessä lasketaan jonopituudet, pysähtymään joutuvien ajoneuvojen määrä ja viivytykset. Jonopituudet määritellään kuormitusasteen perusteella. Pysähtymään joutuvien ajoneuvojen lukumäärä määritetään jonopituuden ja ensimmäisen kriittisen aikavälin hyväksyvien ajoneuvojen lukumäärän perusteella. Viivytykset lasketaan odotusajan ja ajan, joka kuluu liittymässä ajettaessa, summana. /3/

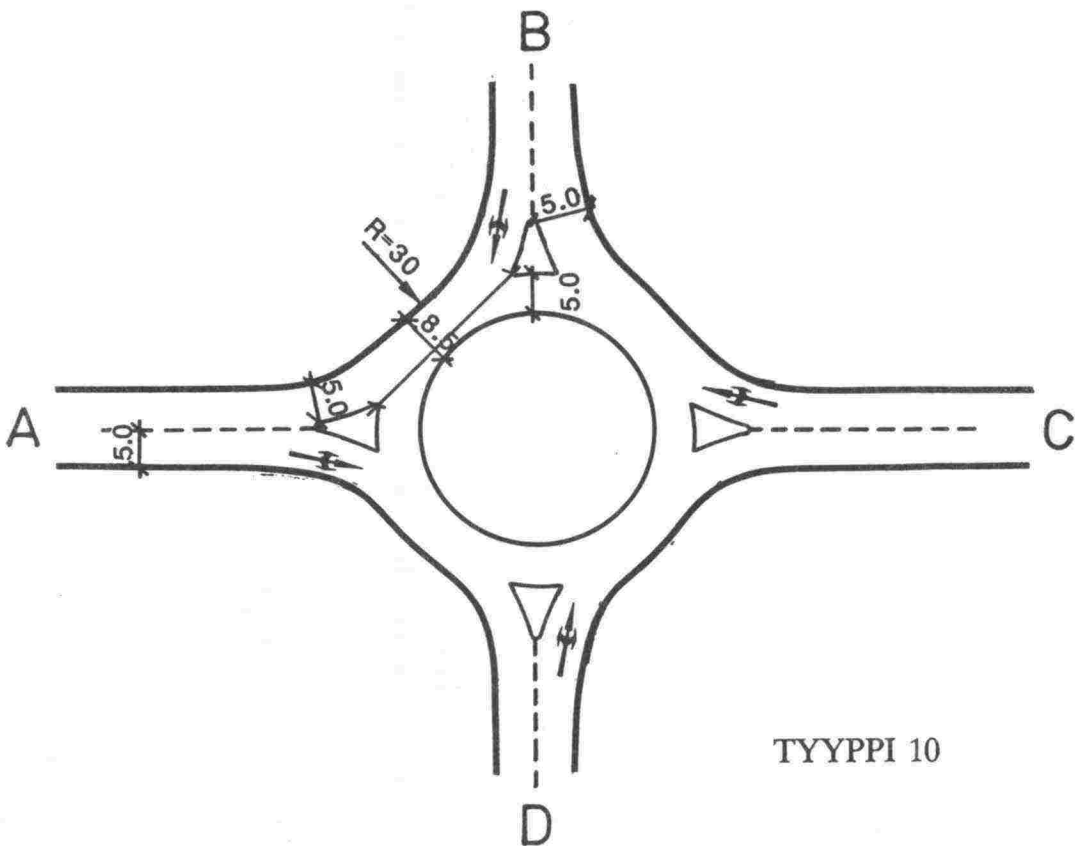
CAPCAL

Ruotsissa on laadittu CAPCAL-tietokoneohjelma tasoliittymien liikenteenvälityskyvyn, jonopituuksien ja viivytysten laskentaan. CAPCAL on Statens Vägverkin kehittämä ja sillä on paljon käyttäjiä myös Suomessa. Ohjelma käyttää edellä kuvattua laskentamallia kiertoliittymien liikenteenvälityskyvyn laskennassa. Erot käsin tehtyihin laskelmiin ovat yleensä pieniä, mutta voivat olla myös merkittäviä, jos liittymän geometria tai kuormitusolosuhteet ovat normaalista poikkeavia. CAPCAL-ohjelma laskee ja tulostaa tiedot kaistoittain eikä osatulosuunnittain kuten käsin laskien tehdään. Ohjelmalla laskettaessa tulokset ovat tarkempia ja vertailukelpoisempia muiden liittymätyyppien kanssa.

CAPCAL-ohjelmaa käytettäessä valitaan aluksi liittymän ohjaustapa ja tyyppiliittymä. Ohjelmassa on mahdollisuus valita kolme erilaista kiertoliittymätyyppiä (kuvat 55 - 57). Kaikissa oletetaan olevan neljä tulohaaraa. Eroa eri tyypeillä on sekoittumisalueen ja ajotilan leveydessä. Myöhemmin valittua tyyppiliittymää voi helposti korjata, mutta liittymän kaikki parametrit voi myös syöttää lähtötietoina eli valita tyyppiliittymä 0. Tulohaarojen lukumäärää ei kuitenkaan ole mahdollista muuttaa. Kuvassa 58 on esitetty geometristen parametrien määrittäminen ja sallitut vaihteluvälit. Jos syötetty arvo on sallitun välin ulkopuolella, ohjelma muuttaa sen sallituksi. /6/

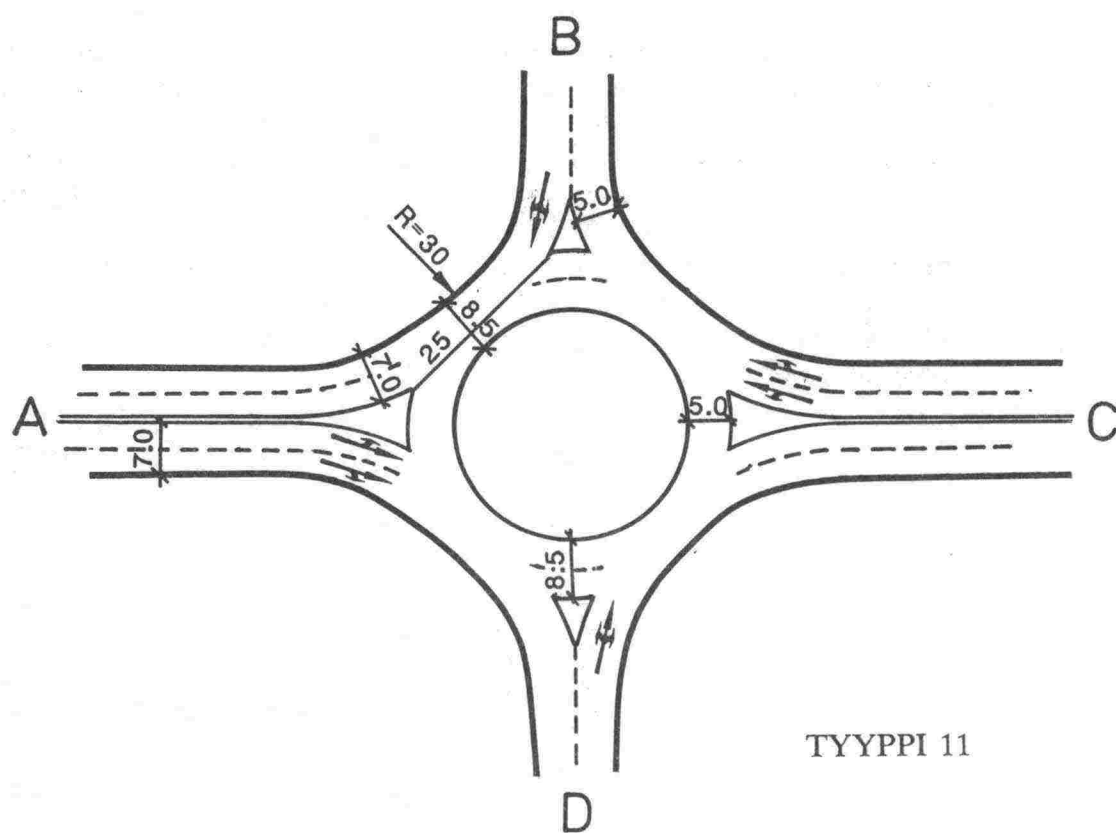
Lähtötietoina syötetään liittyvien teiden nopeusrajoitukset sekä liikennemäärät ja niiden jakautuminen. Myös tulohaaroja ylittävä kevyen liikenteen määrä voidaan syöttää. Ohjelmalle on mahdollista määrittellä ainoastaan se, onko tulohaaralla ylittävää suojatietä, vai ei. Suojatien sijaintipaikkaa ei voi määrittellä, eikä ohjelma ilmoita missä suojateiden oletetaan sijaitsevan. Liikennevirran jakautumisen perusteella ohjelma laskee kiertävän liikennevirran kunkin tulohaaran kohdalla. Lisäksi

lähtötietoina syötetään tietoa liittymän sijaintipaikasta. Ohjelmalle määritellään sijaitseeko liittymä taajamassa vai maaseudulla ja onko tutkittavan liittymän läheisyydessä valo-ohjattua liittymää. Lähtötietojen syöttämisen jälkeen suoritetaan laskenta. Jokaista kiertoliittymän neljästä tulohaarasta käsitellään kuten se olisi väistämisvelvollinen sivusuunta T-liittymässä. Jokainen tulohaara lasketaan erikseen. Tulos saadaan heti. Siinä ilmoitetaan kaistojen kapasiteetti, kuormitusaste, jonopituudet, pysähtymään joutuvien osuus ja keskimääräiset viivytykset. Koko liittymälle lasketaan keskiarvona pysähtymään joutuvien osuus ja keskimääräinen viivytys (s/ajon). Ohjelma lopettaa laskemisen, kun kuormitusaste jollain tulosuunnalla ylittää arvon 1. /6/

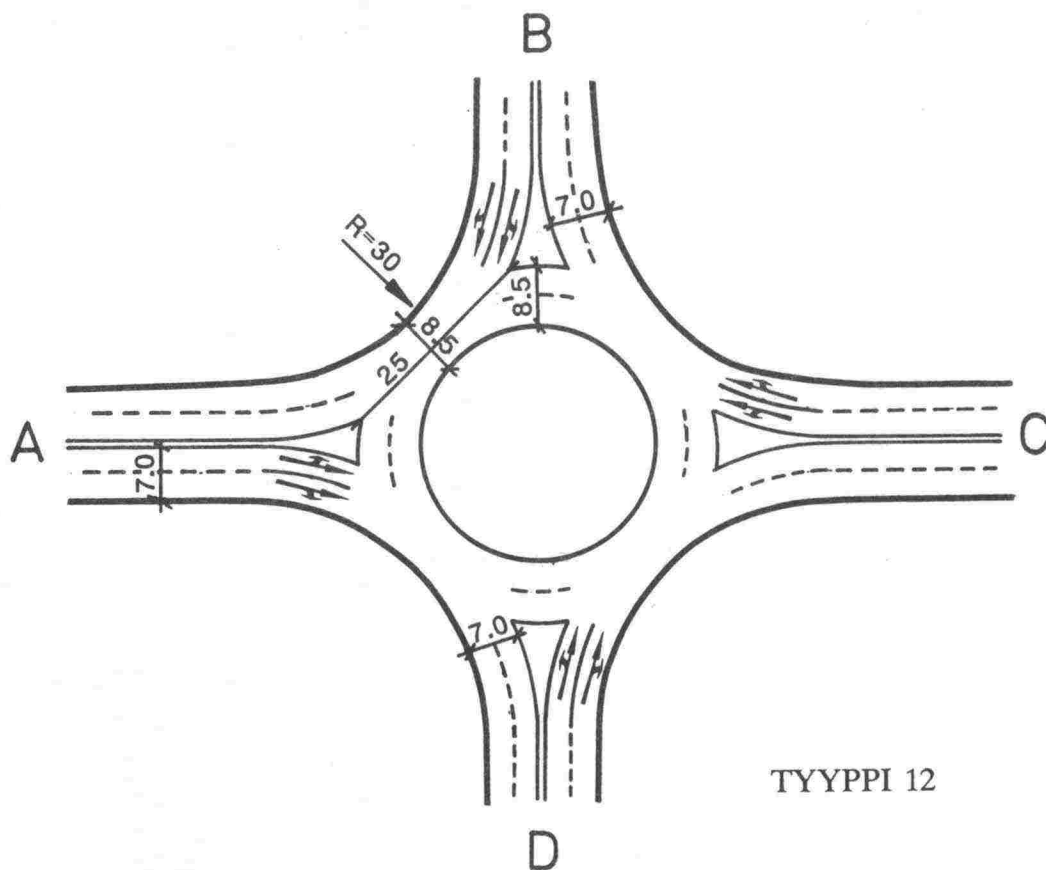


TYYPPI 10

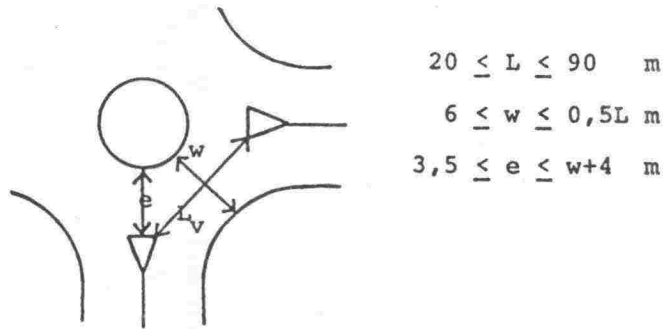
Kuva 55. Kiertoliittymien tyypiliittymä 10. /6/



Kuva 56. Kiertoliittymien tyypiliittymä 11. /6/



Kuva 57. Kiertoliittymien tyypiliittymä 12. /6/



Kuva 53. Geometristen ominaisuuksin mittaus ja sallitut vaihteluvälit. /6/

6. LASKENTAMALLIEN VERTAILU JA LIIKEN- TEENVÄLITYSKYKY VERRATTUNA MUIHIN TASO- LIITTYMIIN

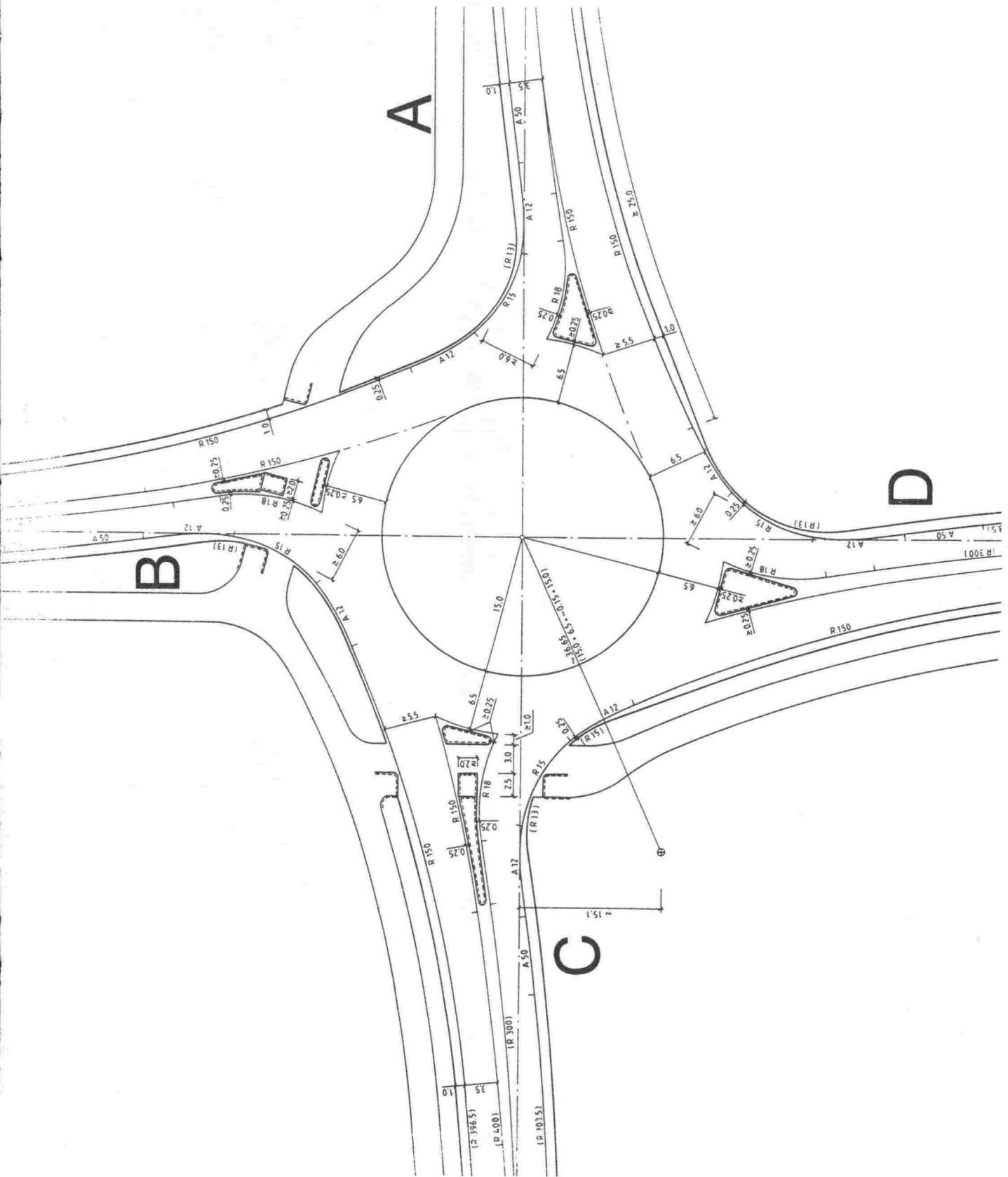
6.1 Laskentamallien vertailu

6.1.1 Lähtökohdat

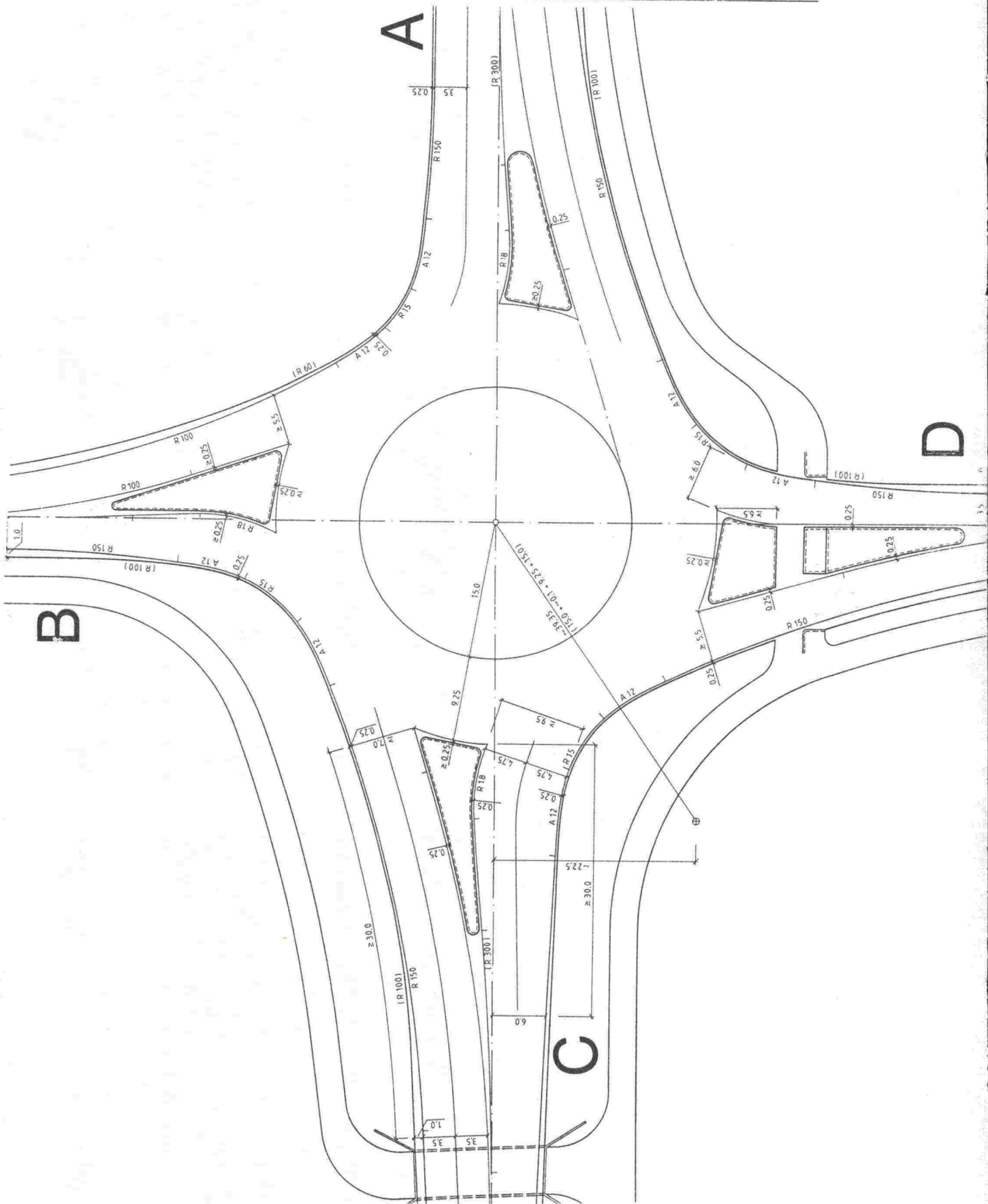
Liikenteenvälityskyvyn laskennan tuloksia on vertailtu ohjelmien ARCADY2 ja CAPCAL sekä norjalaisen ja tanskalaisen käsinlaskentamenetelmän kesken. Vertailu on suoritettu kahdessa käsikirjan ARGUS kiertoliittymätyypissä. CAPCAL:lla on lisäksi laskettu liikenteenvälityskykyä yhdessä näiden pohjalta suunnitellussa kiertoliittymässä. Tielaitos suosittelee käsikirjan ARGUS kiertoliittymätyyppien käyttöä myös Suomessa. Ensimmäisessä liittymässä on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikki tulohaarat ovat kaksikaistaisella tiellä (kuva 59). Toisessa liittymässä on kaksikaistainen kiertoympyrä ja tulohaaroista yksi on nelikaistaisella tiellä ja toisessa tie on levennetty nelikaistaiseksi n. 30 m ennen sen liittymistä kiertoympyrään (kuva 60). Kolmas kiertoliittymä on muuten täysin samanlainen kuin toinen liittymä, mutta sen kaikki tulohaarat ovat nelikaistaisella tiellä.

Liikennevirtojen on oletettu jakautuvan siten, että sivusuunta on 1/3 koko liittymään saapuvasta liikennemäärästä. Pääsuunnan molemmat tulohaarat ovat keskenään yhtä kuormittuneita, samoin sivusuunnan. Kiertävän liikennevirran laskemiseksi on kaikissa laskentamalleissa käytetty ARCADY2:n käyttämiä oletusarvoja kääntyvistä liikennevirroista (taulukko 8, 5.1.1). Kuvassa 61 on esitetty esimerkkitapaus kiertävän liikennevirran laskemisesta. Lähtötiedot on siis kaikkiin malleihin syötetty samoissa tilanteissa ja olosuhteet on pyritty saamaan samantaisiksi kaikissa malleissa. Tarkoituksena on ollut tarkastella laskentamallien välisiä eroja. Eri kiertoliittymätyyppien liikenteenvälityskykyjen välisiä eroja voi näiden tutkimusten avulla verrata siis vain käsikirjan ARGUS tyyppiliittymissä oletetulla liikennevirtajakaumalla. Eri mallit vaativat kuitenkin erilaista tietoa ja käsittelevät sitä myös eri tavoin. Parhaiten vertailluista malleista liittymän geometrian ottaa huomioon ARCADY2. ARCADY2:ssa on lisäksi oletuksena, että liikennevirta esim. huipputunnin aikana on jakautunut normaalijakauman muotoisesti eikä tasaisesti, kuten muut mallit olettavat. ARCADY2:lla on kuitenkin mallinnettu myös tilanne, jossa liikenne on huipputunnin aikana tasaisesti jakautunut.

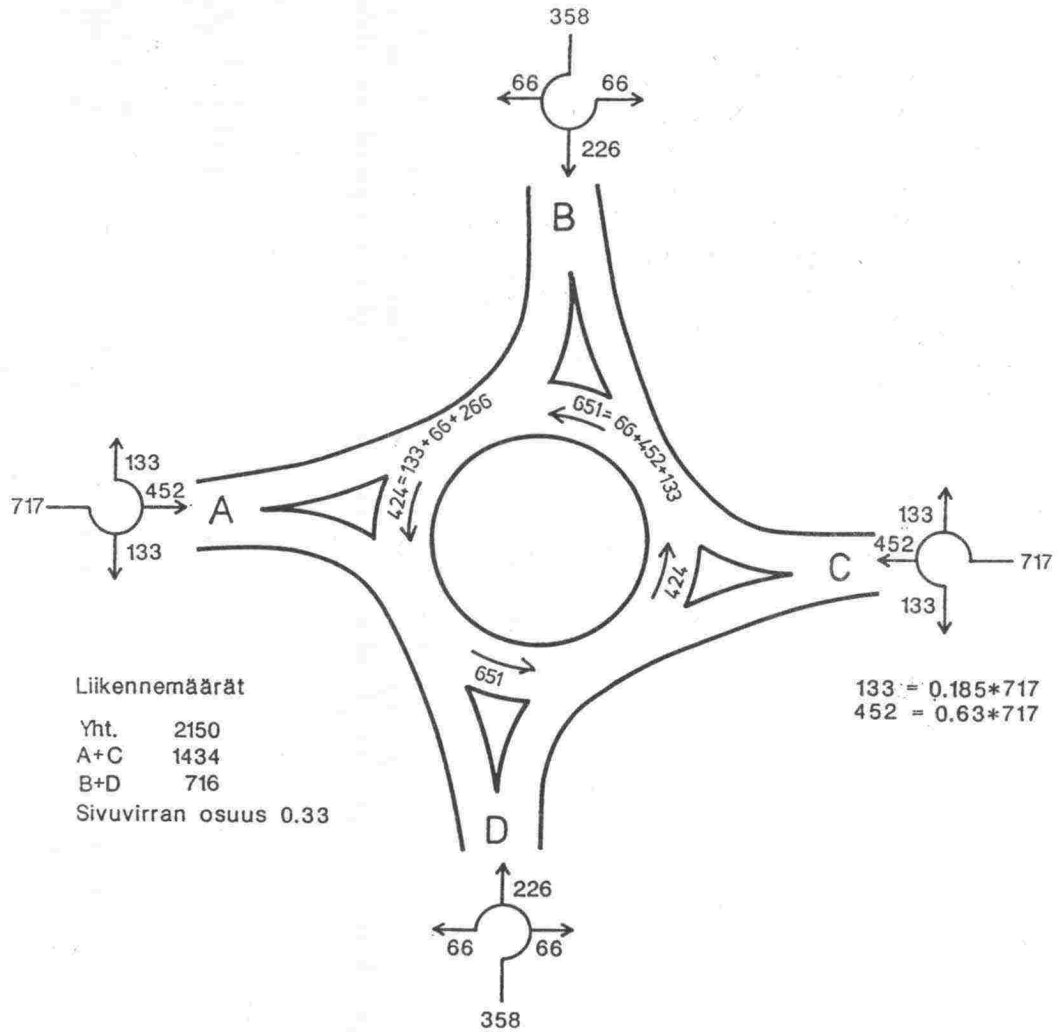
Liitteissä 1 - 4 on esitetty esimerkit välityskykylaskennoista kaikilla tutkituilla menetelmillä. Esimerkkikohde on kiertoliittymä, jossa on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikilla tulosuunnilla on yksi kaista.



Kuva 59. Vertailussa käytetty kiertoliittymätyyppi, jossa on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikilla tulosuunnilla yksi kaista. /2/



Kuva 60. Vertailussa käytetty kiertoliittymätyyppi, jossa on kaksikaistainen kiertoympyrä, pääsuunnilla kaksi kaistaa ja sivusuunnilla yksi kaista.
/2/



Kuva 61. Esimerkki kiertävän liikennevirran laskemisesta eri tulohaarojen kohdalla.

6.1.2 Tulokset

Eri laskentojen tuloksia on vertailtu kahdella tavalla. Ensimmäisessä tavassa verrataan kiertoliittymään tunnissa saapuvan liikenteen kokonaismäärää ja keskimääräistä viivytystä. Tämä tapa on luonnollinen ohjelman CAPCAL antamille tuloksille. Muille laskentamalleille vertailuarvot täytyy erikseen laskea.

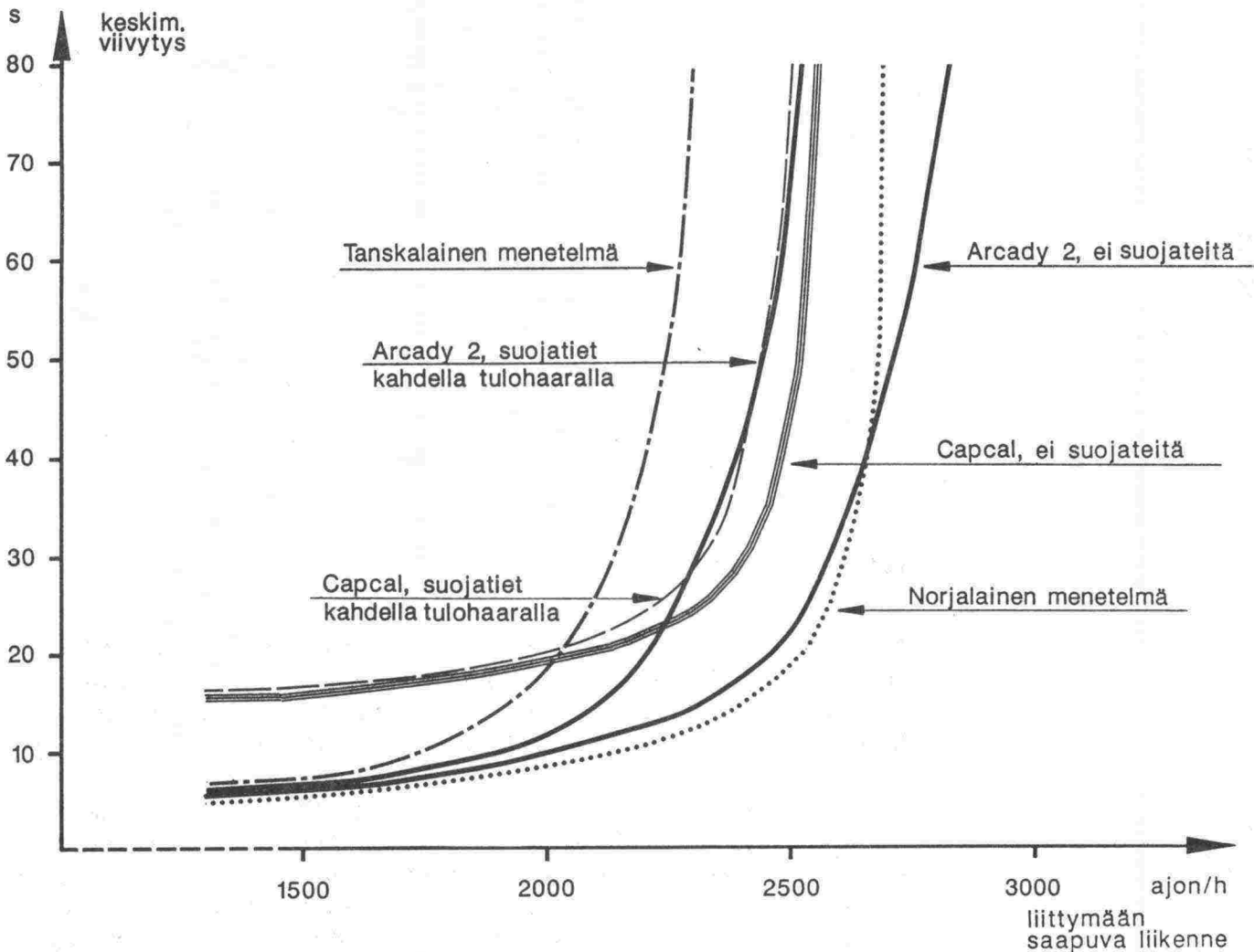
Toisessa tavassa on vertailtu eri mallien laskemaa tulohaaran liikenteenvälityskykyä eli liittyvän liikenteen määrää ja kiertävän liikenteen määrää kyseisen tulohaaran kohdalla. ARCADY2 ja norjalainen menetelmä antavat tämän tiedon suoraan, mutta kahdessa muussa menetelmässä tämä tieto täytyy erikseen laskea. CAPCAL ohjelman antamat tiedot eivät riitä koko alueen tarkastelemiseen.

Kuvassa 62 on esitetty keskimääräisen viivytyksen (s) kehittyminen liittymään saapuvan liikenteen (ajon/h) suhteen kierto liittymässä, jossa on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikilla tulosuunnilla yksi kaista (kuva 59). ARCADY2:lla ja CAPCAL:illa on kokeiltu suojateiden vaikutusta. Jalankulkijamäärän on oletettu olevan tasainen, 50 jalankulkijaa/h molemmilla suojateilla. Muilla malleilla vertailu ei ollut suoraan mahdollista. Pienillä liikennemäärillä, alle 2000 ajon/h, on ohjelman CAPCAL antamissa tuloksissa selvästi suuremmat viivytykset kuin muissa malleissa. CAPCAL olettaa, että joillakin suunnilla tapahtuu myös geometrista viivytystä. Tämän kierto liittymän liikenteenvälityskyky oletetulla liikennejakaumalla palvelutasolla F on eri laskentamalleilla 2500 ajon/h \pm 10 % liittymään saapuvia ajoneuvoja.

YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYRÄ

Kaikilla suunnilla yksi kaista

Kaikkien tulohaarojen liikenne yhteensä



Kuva 62. Keskimääräinen viivytys liittymään saapuvan liikenteen funktiona käsikirjan ARGUS tyyppiliittymässä, jossa on yksi kaista sekä kiertoympyrässä, että kaikilla tulosuunnilla.

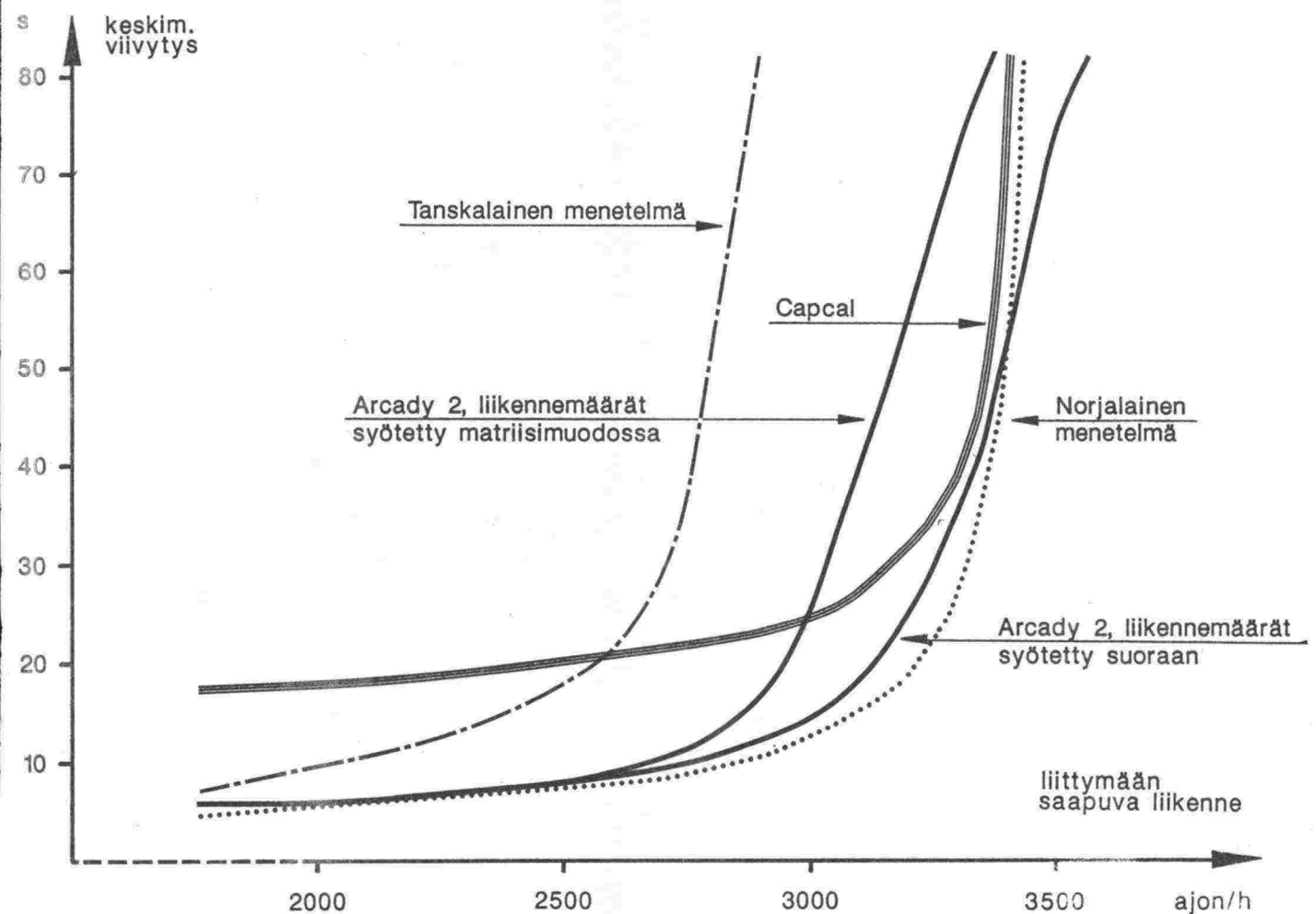
Kuvassa 63 on esitetty keskimääräisen viivytyksen kehitys liikennemäärien suhteen kiertoliittymässä, jossa on kaksikaistainen kiertoympyrä, pääsuunnilla kaksi kaistaa ja sivusuunnilla yksi kaista (kuva 60). ARCADY2:lle on tässä tapauksessa syötetty liikennemäärät kahdella eri tavalla. Suuremmat keskimääräiset viivytykset malli antaa silloin, kun liikennemäärät syötetään matriisimuodossa eikä suoraan. Ohjelma laskee matriisimuodossa syötetyistä liikennemääristä liikennevirtaprofiilin (kuva 46). Huippuliikenteen aikana liikennemäärät ovat matriisimuodossa syötettyinä hetken suuremmat kuin suoraan syötettyinä. Suoraan syötettyinä liikennemäärät pysyvät koko tarkasteluajan vakioina. Tosin ne ovat ennen huippua ja huipun jälkeen alhaisemmat matriisimuodossa syötettyinä kuin suoraan syötettyinä. Tämä liikenteen aikajakautuminen aiheuttaa eron laskentamallilla ARCADY2 saaduissa keskimääräisissä viivytyksissä. Suurin mahdollinen kokonaisliikennemäärä oletetulla jakautumalla palvelutasolla F on tässä kiertoliittymässä useimpien laskelmien mukaan n. 3400 ajon/h liittymään saapuvia ajoneuvoja. Tästä poikkeuksen tekee tanskalainen malli, jossa se jää alle 3000 ajon/h.

KAKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYRÄ

Pääsuunnilla kaksi kaistaa

Sivusuunnilla yksi kaista

Kaikkien tulohaarojen liikenne yhteensä



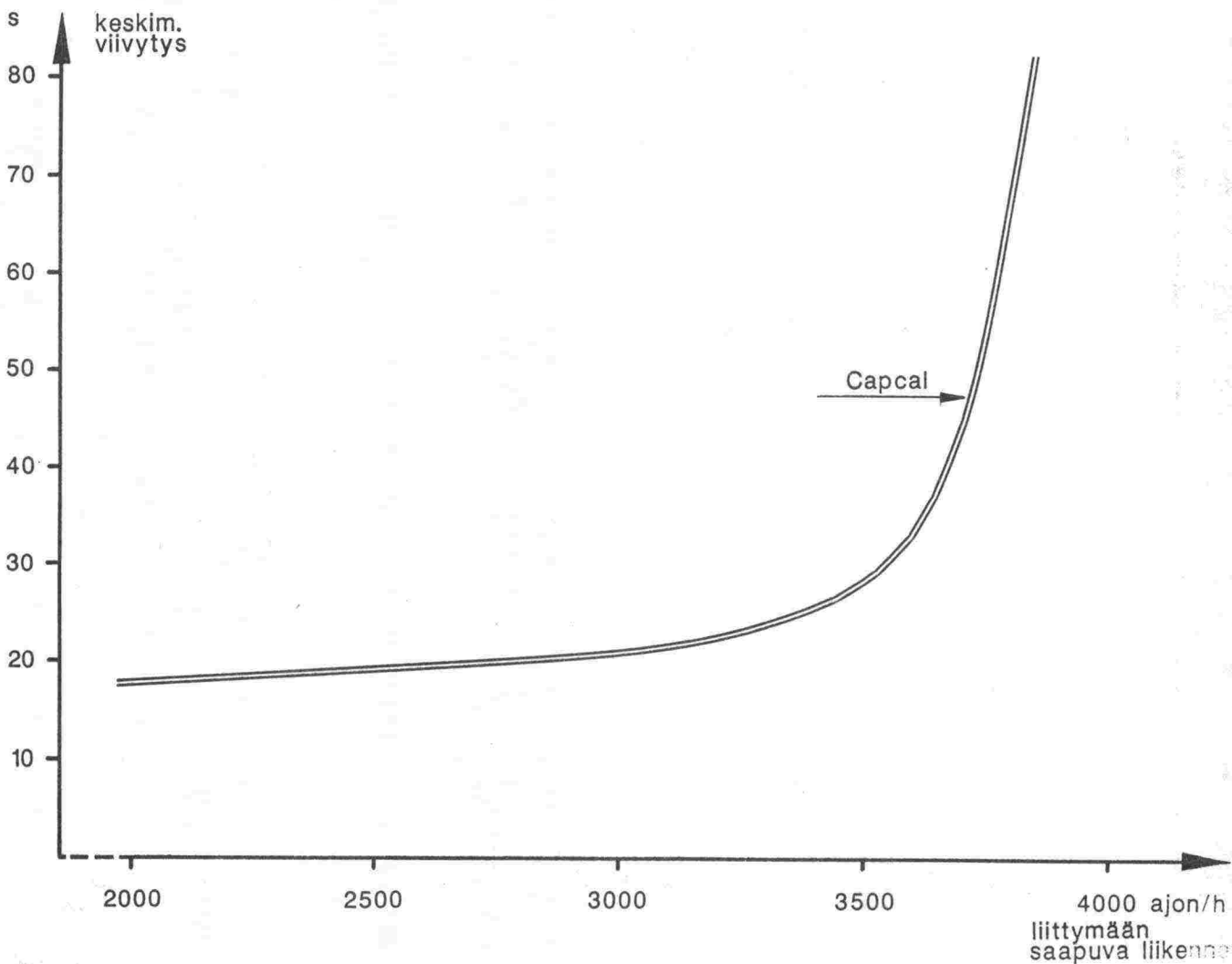
Kuva 63. Keskimääräinen viivytys liittymään saapuvan liikenteen funktiona käsikirjan ARGUS tyypiliittymässä, jossa on kaksi kaistaa kiertoympyrässä ja kahdella tulosuunnalla.

Kuvassa 64 on esitetty keskimääräisen viivytyksen kehitys kierto liittymässä, jossa on kaksi kaistaa kierto ympyrässä sekä kaikilla neljällä tulosuunnalla. Muuten tämä liittymä vastaa geometrialtaan kuvan 60 kierto liittymää. Laskenta on suoritettu ainoastaan CAPCAL:lla. Edellisistä laskennoista voidaan todeta, että CAPCAL:n antamat tulokset ovat maksimivälityskyvyn osalta melko keskimääräisiä. Tosin CAPCAL:n käyttämä periaate poikkeaa muiden tarkasteltujen mallien käyttämästä periaatteesta. Tämä laskenta suoritettiin, jotta voitaisiin vertailla tulosuuntien kaksikaistaistamisen vaikutusta. Kaikkien tulosuuntien kaksikaistaistaminen ei kaksinkertaista kierto liittymän välityskykyä. CAPCAL laskennasta voidaan todeta, että tämän kierto liittymän liikenteenvälityskyky on n. 3800 ajon/h.

KAKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYRÄ

Kaikilla suunnilla kaksi kaistaa

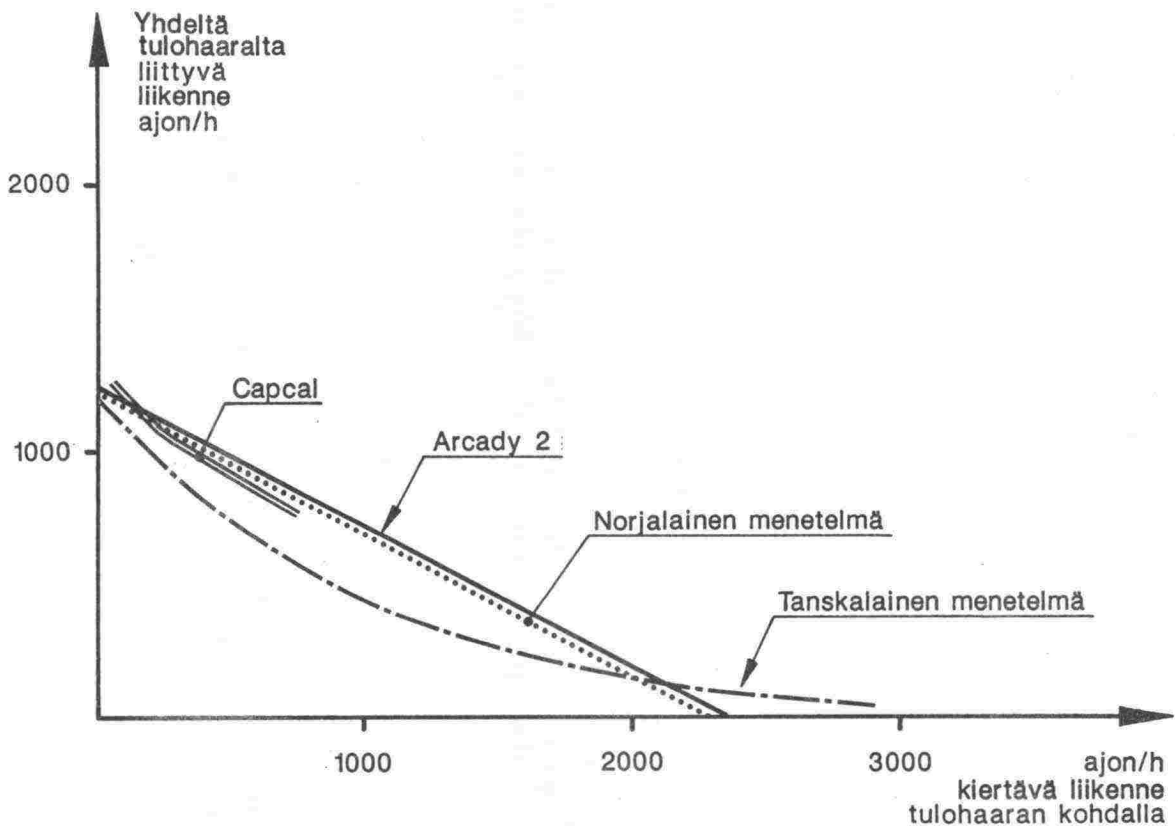
Kaikkien tulohaarojen liikenne yhteensä



Kuva 64. Keskimääräisen viivytyksen kehitys liittymään saapuvan liikenteen funktiona kierto liittymässä, jossa on kaksi kaistaa sekä kierto ympyrässä, että kaikilla tulosuunnilla.

Kuvassa 65 on esitetty yhdeltä tulosuunnalta liittyvän liikenteen maksimimäärä (ajon/h) kiertävän liikenteen (ajon/h) funktiona kiertoliittymässä, jossa on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikilla suunnilla yksi kaista (kuva 59). Ohjelman ARCADY2 ja norjalaisen menetelmän tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan. Ohjelman CAPCAL antamat tulokset eivät kata koko aluetta. Tässä kiertoliittymässä erot eri tulohaarojen välillä ovat pieniä. Kuvassa esitetyt tulokset ovat ohjelman ARCADY2 ja norjalaisen menetelmän osalta keskiarvoja eri tulohaarojen liikenteenvälityskyvystä. Välityskykyjen väliset erot ovat hyvin pieniä. Tanskalainen menetelmä ja CAPCAL eivät laske näin pienten erojen vaikutusta.

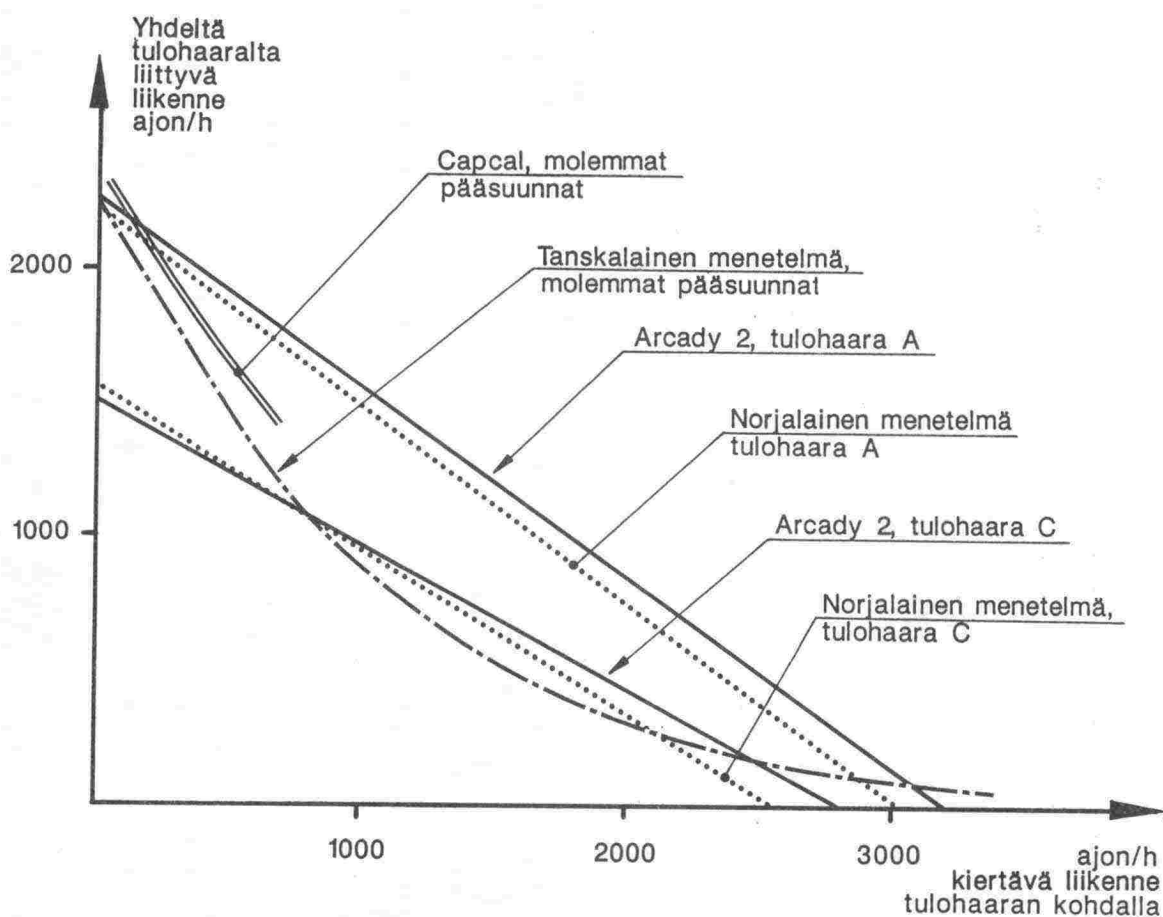
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYRÄ PÄÄ- JA SIVUSUUNNAT



Kuva 65. Tulosuunnan liikenteenvälityskyky kiertävän liikenteen suhteen kiertoliittymässä, jossa on yksikaistainen kiertoympyrä.

Kuvassa 66 on esitetty tulosuunnalta liittyvä liikenne (ajon/h) kiertävän liikenteen (ajon/h) funktiona kiertoliittymän, jossa on kaksikaistainen kiertoympyrä, pääsuunnilla. Tässä tapauksessa pää- ja sivusuunnilla on eroa, sillä pääsuunnilla on molemmilla tulosuunnilla (A ja C) kaksi kaistaa liittymisalueella (kuva 60). Tulohaara A on nelikaistaisella tiellä. Tämän tulohaaran liikenteenvälityskyky on selvästi paras sekä ohjelmalla ARCADY2, että norjalaisella menetelmällä. Tulohaara C on levennetty n. 30 m ennen liittymää. CAPCAL ja tanskalainen menetelmä eivät erottele näitä tulosuuntia.

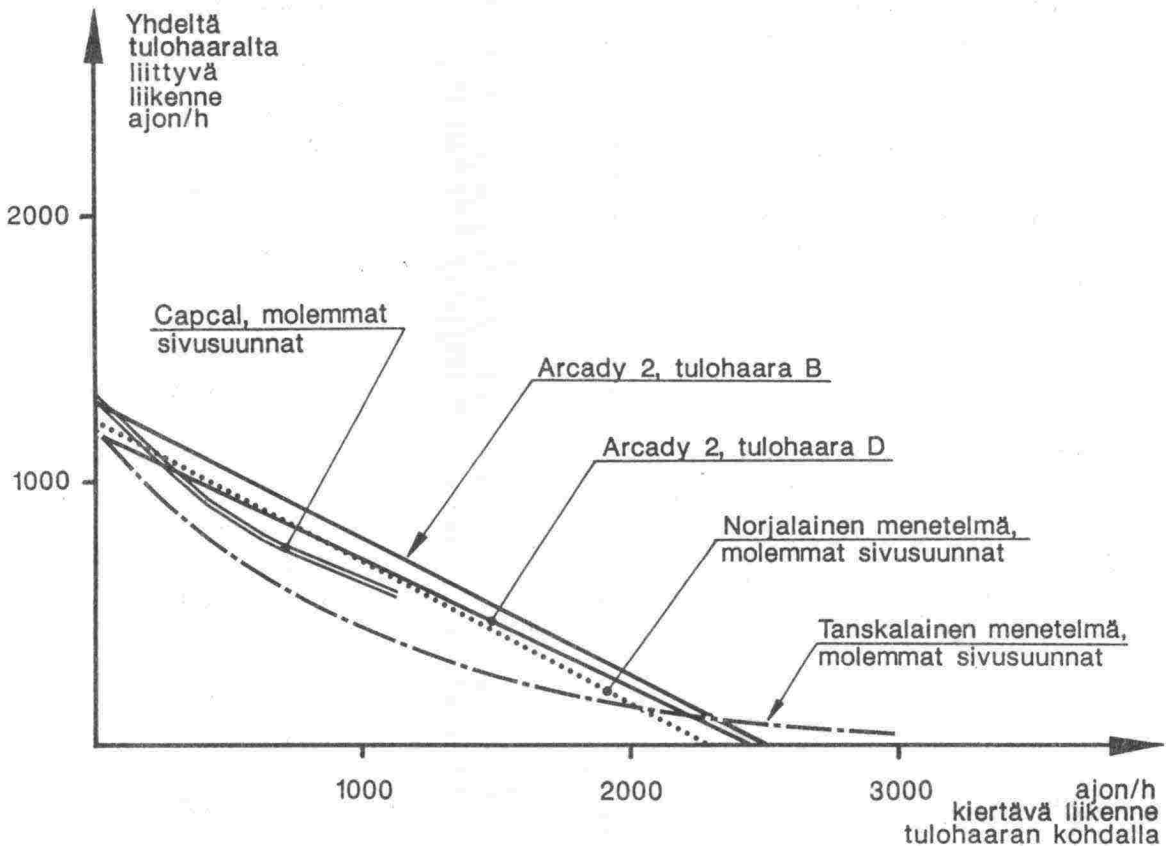
KAKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYRÄ PÄÄSUUNNAT. (Tulosuunnilla kaksi kaistaa)



Kuva 66. Tulosuunnan liikenteenvälityskyky kiertävän liikenteen suhteen kiertoliittymän pääsuunnilla A ja C, kiertoympyrässä kaksi kaistaa.

Kuvassa 67 on esitetty kierto liittymän, jossa on kaksikaistainen kiertoympyrä (kuva 60), sivusuuntien liikenteenvälityskyky (ajon/h) kiertävän liikenteen (ajon/h) suhteen. Tulohaaroilla B ja D on pieniä geometrisia eroja. Tämän ottaa laskelmissa huomioon ainoastaan ohjelma ARCADY2.

KAKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYRÄ SIVUSUUNNAT (Tulosuunnilla yksi kaista)



Kuva 67. Tulosuunnan liikenteenvälityskyky kiertävän liikenteen suhteen kierto liittymän sivusuunnilla B ja D, kiertoympyrässä kaksi kaistaa.

6.1.3 Johtopäätökset ja suositukset

Tutkimuksesta jää selvästi puuttumaan kierto liittymien todellisen liikenteenvälityskyvyn selvitys Suomen olosuhteissa. Tämä tieto on kuitenkin saatavissa vain laajasta kokeellisesta tutkimuksesta, jossa tutkitaan olemassa olevien kierto liittymien välityskykyä täysin kuormittuneessa tilanteessa. Suomessa sopivia tutkimuskohteita on hyvin vähän. Olemassa olevat kierto liittymät on melkein kaikki suunniteltu vanhoilla suunnitteluperiaatteilla ja niiden etuajo-oikeuskäytäntö vaihtelee. Vain muutamat kierto liittymät sijaitsevat teillä, joilla liikennemäärät ovat suuria.

Tutkituista laskentamenetelmistä ainoastaan CAPCAL perustuu vanhaan sekoitumisteoriaan. Sen antamat tulokset eivät kuitenkaan ainakaan tutkituissa olosuhteissa poikkea merkittävästi muiden mallien antamista tuloksista. Muut mallit tarkastelevat sekoittumistoimintojen sijaan liittymistoimintoja.

Tanskalainen käsinlaskentamalli on kehitetty teoreettiselta pohjalta, mutta kokeellisesti havaituilla arvoilla on siinäkin suuri merkitys. Laskentatuloksiin vaikuttaa suuresti käytetyt raja-aikavälin ja lähtöaikavälin arvot. Malli ei ota liittymän geometrisia ominaisuuksia kovin tarkasti huomioon. Ainoa vaikuttava tekijä on kaistamäärä. Tanskalaisen laskentamenetelmän mukaan tulosuunnan liikenteenvälityskyky kaksinkertaistuu, kun se muutetaan yksikaistaisesta kaksikaistaiseksi. Norjalaisen käsinlaskentamenetelmän, CAPCAL:n ja ARCADY2:n mukaan tulosuunnan liikenteenvälityskyky kasvaa, mutta ei aivan kaksinkertaiseksi, jos tulosuunnan levennys tapahtuu jo huomattavasti ennen sen liittymistä kiertoympyrään. Tutkituista liittymistä liittymän, jossa on kaksikaistainen kiertoympyrä, pääsuunnilla kaksi kaistaa ja sivusuunnilla yksi kaista, toinen pääsuunta eli tulosuunta C levenee kaksikaistaiseksi vasta 30 m ennen sen liittymistä kiertoympyrään. Näin lyhyellä matkalla tapahtuva leveneminen ei kasvata tulosuunnan välityskykyä läheskään kaksinkertaiseksi.

Kiertoliittymien välityskykyä ei saada laskemalla tulosuuntien maksimivälityskykyjä yhteen. Koko liittymän välityskyky määritellään tilanteessa, jolloin yhden tulohaaran liikennemäärä saavuttaa maksimiarvonsa. Koko liittymän välityskyky on riippuvainen paitsi liittymän geometriasta, myös liikenteen jakautumisesta. Tasainen liikenteen jakautuminen tulohaarojen kesken on välityskyvyn kannalta paras. Keskimääräisen viivytyksen kehitys liikennemäärien suhteen tutkituissa liittymissä osoittaa, että koko liittymän liikenteenvälityskyky ei kaksinkertaistu, vaikka tulosuuntien ja kiertoympyrän kaistamäärät kaksinkertaistuvat.

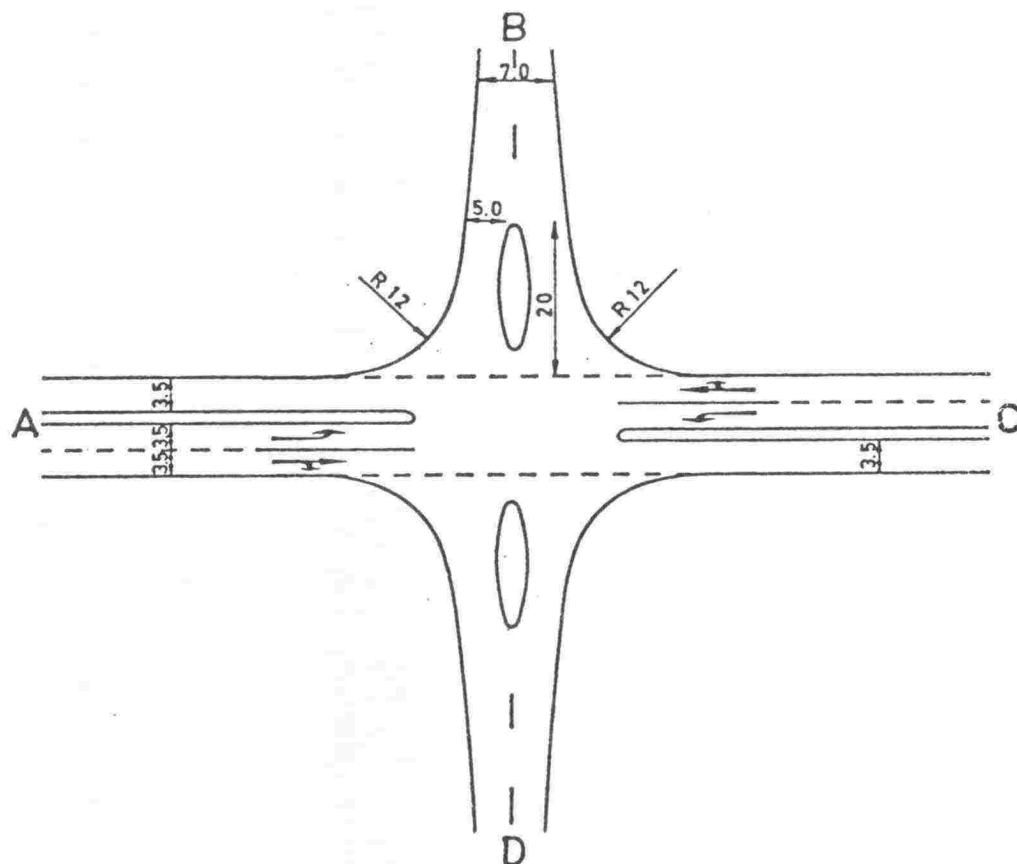
Norjalainen käsinlaskentamenetelmä on yksinkertaistettu ARCADY2:sta. Norjalaisen menetelmän antamat tulokset ovat keskimäärin alhaisempia kuin ARCADY2:n. ARCADY2:n antamat tulokset ovat tarkimpia. Se ottaa huomioon liikenteen aikajakautumisen huipputunnin aikana. Mallilla on mahdollista tarkastella myös muilla kuin englantilaisilla suunnitteluperiaatteilla suunniteltujen kiertoliittymien liikenteenvälityskykyä. Esim. tutkituissa liittymissä ei ole levennettyjä liittymisalueita. ARCADY2:n antamat tulokset eivät merkittävästi poikkea muiden mallien antamista tuloksista, vaikka näin oletettiin. Mallin oletettiin yliarvioivan kiertoliittymien liikenteenvälityskykyä. Jo tutkittujen liittymien geometria vaikuttaa välityskykyä alentavasti englantilaisiin kiertoliittymiin verrattuna ja malli ottaa tämän huomioon. Mallia voidaan vielä kalibroida vastaamaan Suomen olosuhteita, kun sille syötetään tietoa kiertoliittymien liikenteenvälityskyvystä Suomessa.

Tehdyn tarkastelun perusteella näyttää siltä, että ARCADY2 on käyttökelpoinen laskentamalli myös Suomessa, vaikka liikenneolosuhteet ja ajokulttuuri poikkeavatkin niistä olosuhteista, joissa malli on kehitetty. Muilla malleilla voidaan tehdä karkeampia tarkasteluja.

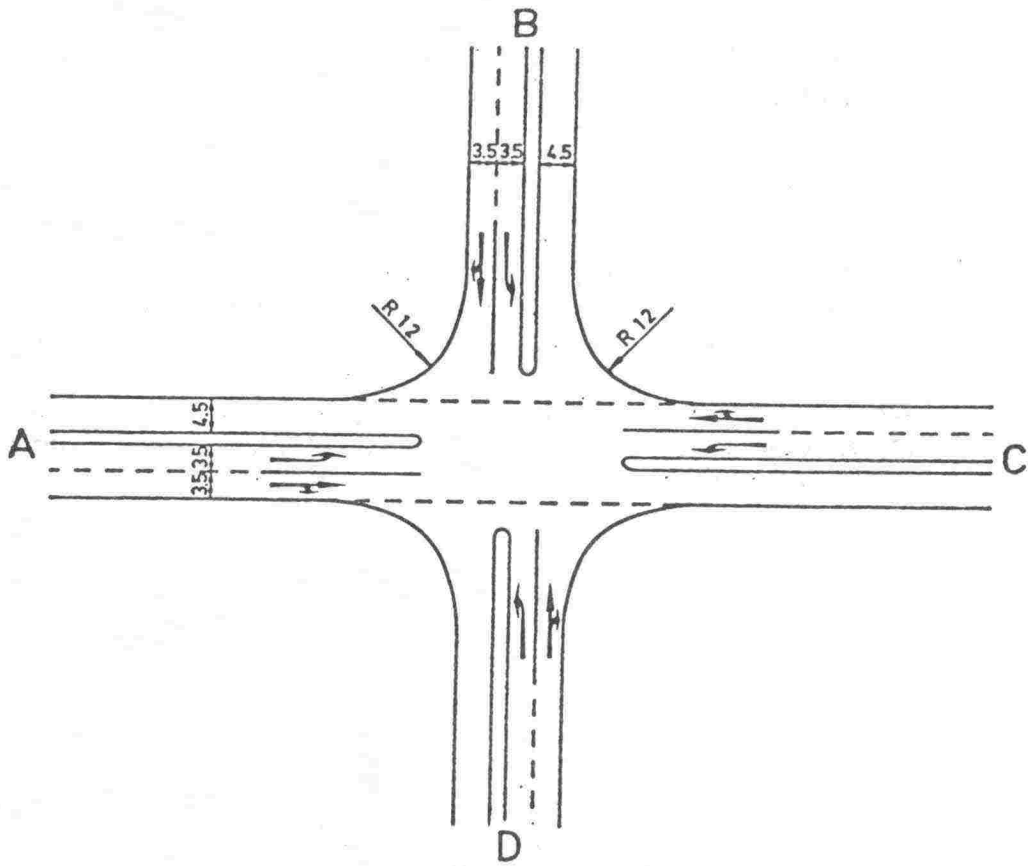
6.2 Kiertoliittymän liikenteenvälityskyky verrattuna muihin tasoliittymiin

6.2.1 Taustaa

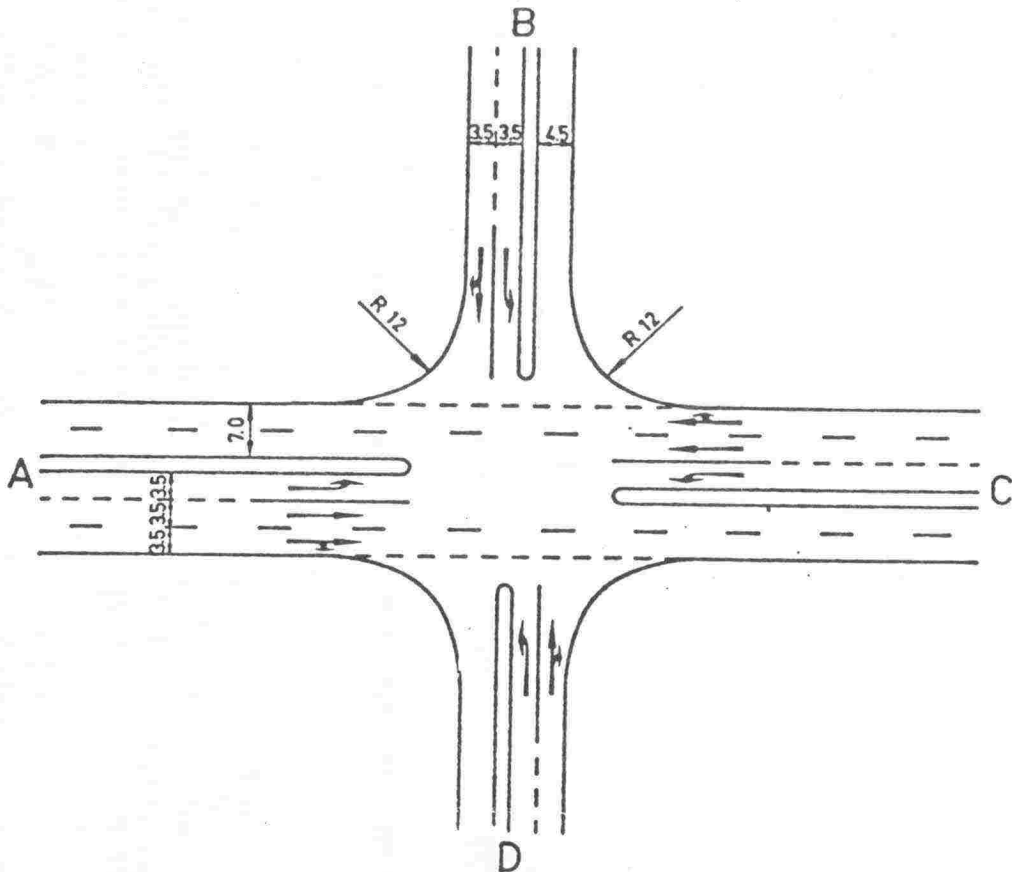
Kiertoliittymän liikenteenvälityskyvyn on todettu olevan hyvä verrattuna muihin tasoliittymiin. Jotta vertailuja olisi helpompi tehdä, on kolmen kanavoidun tasoliittymän välityskykyä tutkittu samalla liikennevirtajakaumalla kuin kierteoliittymiä tutkittaessa käytettiin. Välityskykyä on tutkittu ainoastaan ohjelmalla CAPCAL. Tutkitut tasoliittymät ovat tyyppi 4 (kuva 68), tyyppi 5 (kuva 69) ja tyyppi 8 (kuva 70). Ne ovat ohjelman CAPCAL tyyppiliittymiä ja pääsuunnan tulohaarat ovat niissä keskenään symmetrisiä, samoin sivusuunnan.



Kuva 68. Tasoliittymätyyppi 4. /6/



Kuva 69. Tasoliittymätyyppi 5. /6/

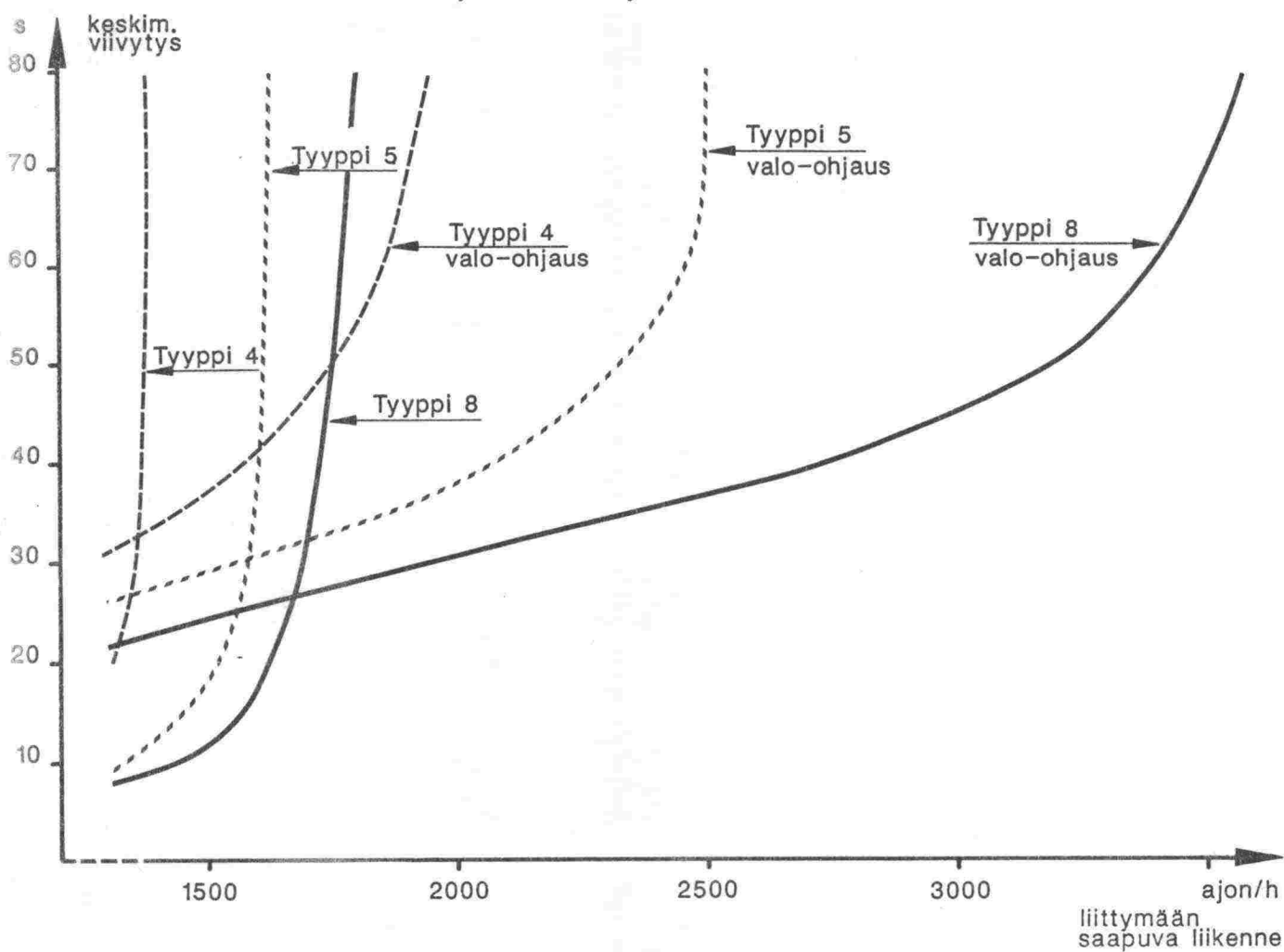


Kuva 70. Tasoliittymätyyppi 8. /6/

6.2.2 Tulokset

Keskimääräisen viivytyksen kehitystä liittymään saapuvan liikenteen suhteen tutkittiin tyyppiliittymissä aluksi ilman valo-ohjausta. Ilman valo-ohjausta näiden tasoliittymätyyppien liikenteenvälityskyky on kaikissa alle 1800 ajon/h (kuva 71). Kiertoliittymien liikenteenvälityskyvylle saatiin pienimmässä tutkitussa liittymässä arvoksi n. 2500 ajon/h. On huomattava, että tutkitut, kanavoidut tasoliittymät ovat varsin suuria, esim. tyyppin 8 liittymässä on pääsuunnalla kolme täysipitkää kaistaa suuntaansa ja sivusuunnalla kaksi.

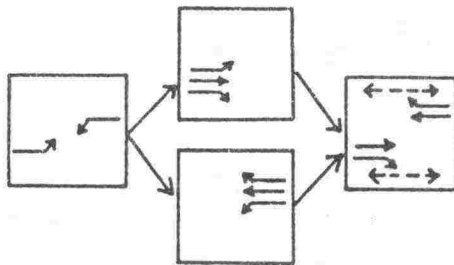
KANAVOITUJA TASOLIITTYMÄTYYPPEJÄ Kaikkien tulohaarojen liikenne yhteensä



Kuva 71.

Keskimääräinen viivytys liittymään saapuvan liikenteen funktiona tutkituissa tasoliittymätyypeissä.

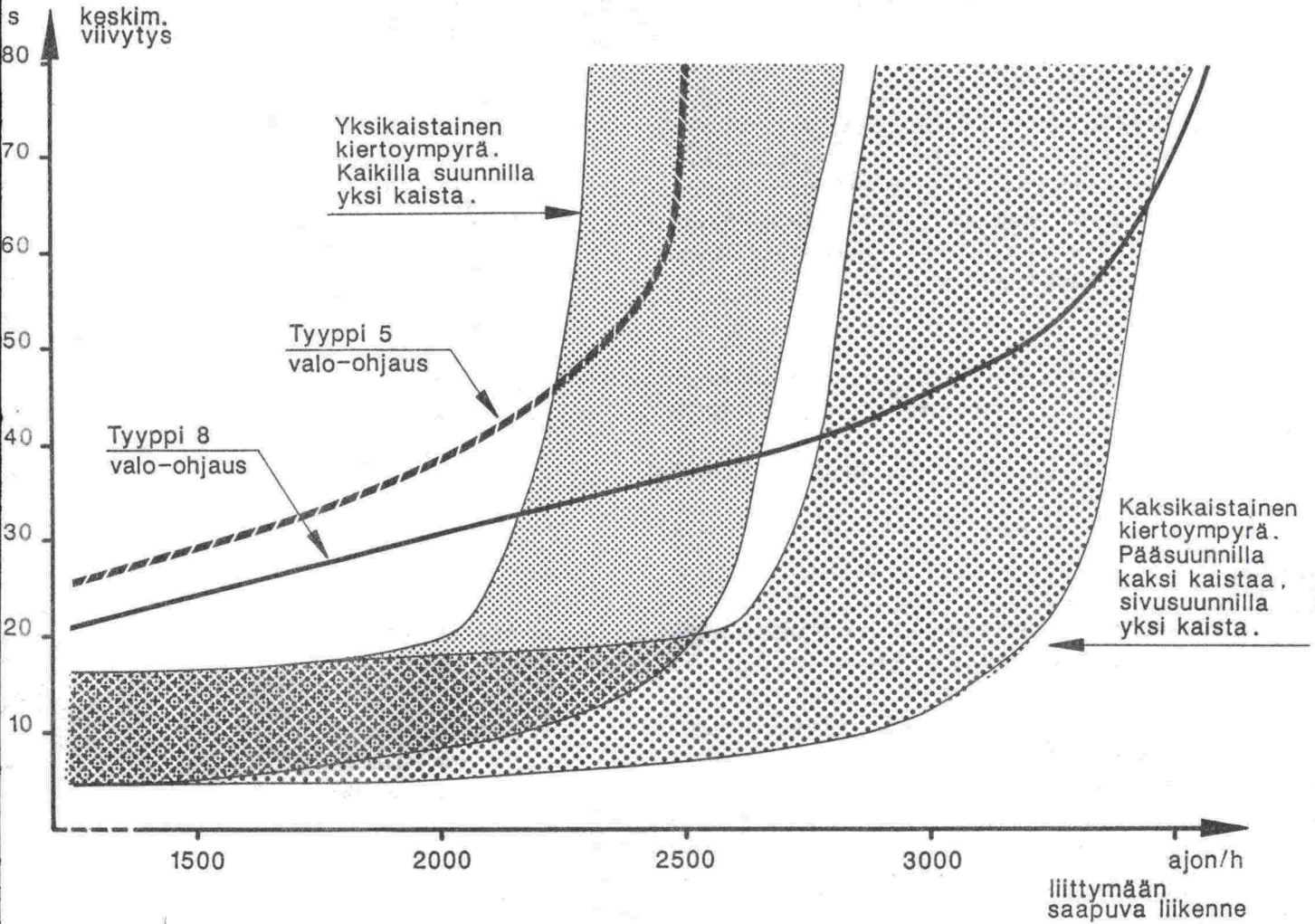
Liittymiin lisättiin valo-ohjaus. Sekä pää-, että sivusuunnilla käytettiin ohjelman CAPCAL tyyppivaihejärjestystä 3 (kuva 72). Karkeasti voidaan sanoa, että kiertoliittymä, jossa on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikilla tulosuunnilla kaksi kaistaa, vastaa liikenteenvälityskyvyltään tällä liikennejakaumalla tyyppin 5 valo-ohjattua liittymää. Kiertoliittymä, jossa on kaksikaistainen kiertoympyrä, pääsuunnilla kaksi kaistaa ja sivusuunnilla yksi, vastaa välityskyvyltään lähinnä tyyppin 8 valo-ohjattua liittymää. Kuvassa 73 on esitetty eri laskentamalleilla saadut tulokset käsikirjan ARGUS kiertoliittymistä sekä CAPCAL:lla lasketut tyyppin 5 ja tyyppin 8 valo-ohjatun liittymän keskimääräisten viivytysten kehitys liittymään saapuvan liikenteen funktiona.



Kuva 72. Tyyppivaihejärjestys 3. /6/

KIERTOLIITTUMIEN JA KANAVOITUJEN TASOLIITTUMÄTYYPPIEN VERTAILU

Kaikkien tulohaarojen liikenne yhteensä



Kuva 73. Keskimääräiset viivytykset liittymään saapuvan liikenteen funktiona tyypin 5 ja tyypin 8 tasoliittymässä sekä käsikirjan ARGUS tyypiliittymissä.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1. Kiertoliittymien turvallisuus

Suomessa ei ole kokemusta juurikaan muista kuin suurista ja vanhoilla suunnitteluperiaatteilla suunnitelluista kiertoliittymistä. Kiertoliittymät sijaitsevat Suomessa usein sellaisissa paikoissa, joissa muutkin tasoliittymätyypit olisivat onnettomuusalttiita. Usein niissä on viisi tai kuusi tulohaaraa.

Kiertoliittymät on ulkomaisissa tutkimuksissa todettu varsin turallisiksi, kun taas Suomessa saadut tulokset ovat olleet yleensä huonoja. Suuret kiertoliittymät on todettu muissakin maissa vaarallisemmiksi kuin tavalliset kiertoliittymät (keskisaarekkeen halkaisija 10 - 40 m). Tarkastelluissa maissa henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteesta saaduista tuloksista esitetään yhdistelmänä taulukko 11.

Taulukko 11. Henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusaste kiertoliittymissä (onn/10⁶ liittymään saapuvaa ajoneuvoa).

Norja	Tanska	Ruotsi
0,08	0,12	0,11

Onnettomuusasteet ovat alhaisia. Norjassa tehdyn tutkimuksen mukaan vastaavat onnettomuusasteet valo-ohjatuille liittymille vaihtelevat välillä 0,19 - 0,24.

Suomessa ei kiertoliittymistä ole tehty turvallisuusselvitystä, johon olisi koottu useampien liittymien turvallisuustuloksia. Ruotsissa tehdyissä turvallisuusselvityksissä on todettu, että onnettomuuksien kokonaismäärä ei ole kiertoliittymissä merkittävästi alhaisempi kuin muissa tasoliittymissä, joissa on samansuuruiset liikennemäärät, yhtä paljon tulohaaroja ja sama nopeusrajoitus. Henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia on kuitenkin merkittävästi vähemmän.

Kevyen liikenteen, mopoilijoiden ja moottoripyöräilijöiden on todettu olevan ongelmallisia kiertoliittymissä, jos niitä ja myös autoliikennettä on paljon. Esim. Tanskassa kaksi kolmasosaa poliisin tietoon tulleista onnettomuuksista kiertoliittymissä on polkupyöräilijöiden, mopoilijoiden ja moottoripyöräilijöiden onnettomuuksia. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden reitit pyritään sijoittamaan siten, että ajoradan ylitys tapahtuu mahdollisimman kaukana liittymästä. Ellei tämä ole mahdollista, suositellaan käytettäväksi alikulkutunneleita. Tanskassa käytetään erityisiä pyöräilijöiden kaistoja kiertoliittymissä. Minikiertoliittymissä (keskisaarekkeen halkaisija alle 4 m) ja suurissa kiertoliittymissä (keskisaarekkeen halkaisija yli 40 m) kevyt liikenne on erityisen ongelmallinen. Kevyen liikenteen erityisasema on syytä ottaa huomioon uusia kiertoliittymiä suunniteltaessa, jotta hyvin turvallisuustuloksiin päästäisiin. Turvallisuuden kannalta on tärkeää, että kiertoliittymiin varmistetaan myös riittävät näkemät ja valaistus sekä viitoitus suunnitellaan tarkoituksenmukaisesti.

Kiertoliittymän suunnittelussa pyritään tiiviiseen ratkaisuun. Ajomatka liittymän sisällä on tällöin lyhyt. Liittymä suunnitellaan siten, että suoraan sen läpi ajaminen ei ole mahdollista. Ajoura liittymän läpi tulee olla kaartuva. Se varmistetaan tulohaaroja porrastamalla, keskisaareketta suurentamalla ja liikenteenjakkajia lisäämällä. Myös tulosuunnan linjausta voidaan muuttaa kaartuvaksi ennen liittymää. Tulohaarojen porrastuksen toteuttamisessa on eroja tarkasteltujen maiden välillä. Esim. Tanskassa porrastetaan tulohaarat mieluiten linjaamalla ne oikealle tulohaaralta kiertoympyrään päin katsottuna. Ruotsissa käytetään tuloharojen linjausta vasemmalle ennen niiden liittymistä kiertoympyrään. Molemmilla tavoilla on omat etunsa ja haittansa.

Kiertoliittymä antaa mahdollisuuden toteuttaa kaunis ja ympäristöön sopiva liikennetila. Keskisaarekkeen käyttömahdollisuudet ovat monipuoliset. Keskisaarekkeen rakenteet ja istutukset eivät kuitenkaan saa olla näkemäesteenä.

7.2 Kiertoliittymien välityskyky

Kiertoliittymien sopivia käyttökohteita ovat liittymät, joissa on aiemmin tapahtunut paljon onnettomuuksia tai joissa on sivusuunnalla välityskykyongelmia. Kiertoliittymiä käytetään myös tien kohdissa, joissa kuljettajilta vaaditaan alhaista ajoneuvoa ja erityistä tarkkaavaisuutta. Tällaisia kohtia ovat esim. taajamaväylien porttikohdat ja pääliittymät. Kiertoliittymissä ei voi erotella pää- ja sivusuuntia kuten esim. T- tai X- liittymässä. Kaikki tulosuunnat ovat keskenään samanarvoisia eli kaikilla tulosuunnilla on väistämisvelvollisuus kiertävään liikennevirtaan nähden.

Maksimivälityskyvyltään kiertoliittymä vastaa lähinnä kanavoitua valo-ohjattua liittymää. Pienillä liikennevirroilla keskimääräiset viivytykset ovat kiertoliittymässä pienemmät kuin valo-ohjatussa liittymässä. Pienillä liikennevirroilla kiertoliittymässä ei jouduta pysähtymään, mikä on huomattava etu valo-ohjattuun liittymään verrattuna. Tosin kiertoliittymässä esim. tulosuuntaan nähden vasemmalle kääntyvät joutuvat kulkemaan pidemmän matkan kuin muissa liittymissä eli kiertoliittymässä tapahtuu geometrinen viivytyksiä. Kiertoliittymissä on ruotsalaisen tutkimuksen mukaan pysähtymään joutuneita tai häirittyjä ajoneuvoja noin puolet vähemmän kuin valo-ohjatussa liittymässä.

Iso-Britanniassa ja Norjassa kiertoliittymissä käytetään levennettyjä liittymisalueita eli liittymisalueelle sijoitetaan useita rinnakkaisia kaistoja. Liittymän liikenteenvälityskyky paranee entisestään, sillä useat rinnakkain jonottavat ajoneuvot voivat käyttää samaa aikaväliä liittyessään kiertävään liikennevirtaan. Levennetyt liittymisalueet ovat turvallisuudenkin kannalta tyydyttäviä, jos ajoura liittymän läpi muotoillaan riittävästi kaartuvaksi.

Liikenteenvälityskyvyn laskentamalleista tutkittiin ohjelmia CAPCAL ja ARCADY2 sekä norjalaista ja tanskalaista käsinlaskentamenetelmää. Laskentamallit perustuvat liittymisalueiden välityskykytarkasteluun. Poikkeuksen tästä tekee CAPCAL, joka määrittää sekoittumisalueiden välityskyvyn. Tämä laskentamalli perustuu vanhaan oletukseen, että sekoittuminen tapahtuu kiertoympyrässä. Uuden käytännön mukaan tulosuunnilla on väistämisvelvollisuus ja sekoittuminen tapahtuu heti liittymään liittyessä. Laskentamalleja tutkittiin kahdessa käsikirjan ARGUS tyyppiliittymässä ja yhdessä näiden pohjalta suunnitellussa kiertoliittymässä. Näillä periaatteilla suunniteltuja kiertoliittymiä Tielaitos suosittelee

Suomen olosuhteisiin. Keskisaarekkeen säde on kaikissa liittymissä 15 m ja kaikissa on neljä tulohaaraa. Ensimmäisessä liittymässä on yksikaistainen kiertoympyrä ja kaikilla suunnilla yksi liittymään saapuva kaista. Kahdella tulosuunnalla on suojatie. Suojatien vaikutusta ei kuitenkaan suoraan pystynyt ottamaan huomioon muilla malleilla kuin CAPCAL:lla ja ARCADY2:lla. Tällaisen kiertoliittymän maksimivälityskyky on keskimäärin 2500 ajon/h \pm 10 %. Toisessa kiertoliittymässä on kaksikaistainen kiertoympyrä, pääsuunnilla kaksi kaistaa ja sivusuunnilla yksi kaista. Tämän kiertoliittymän maksimivälityskykyksi saatiin n. 3400 ajon/h. Kolmas kiertoliittymä on muuten täysin samanlainen kuin toinen liittymä paitsi, että siinä on kaikilla tulosuunnilla kaksi kaistaa. Tämän kiertoliittymän välityskykyä on tutkittu ainoastaan CAPCAL:lla ja sen antama tulos on n. 3800 ajon/h. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että täysin kanavoidun valo-ohjatun tasoliittymän, jossa on pääsuunnassa kolme täysipitkää kaistaa suuntaansa ja sivusuunnassa kaksi, välityskyky on CAPCAL:lla laskettuna n. 3500 ajon/h.

Laskentamalleista tehdyn vertailun perusteella näyttää siltä, että ARCADY2 on käyttökelpoinen laskentamalli kiertoliittymien välityskykylaskentaan. Malli on kokeellisesti kehitetty Iso-Britanniassa, mutta sitä voidaan kalibroida vastaamaan myös Suomen olosuhteita.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että kiertoliittymä on turvallinen ja välityskyvyltään hyvä liittymätyyppi. Voidaan kuitenkin olettaa, että kun Suomeen rakennetaan uudentyyppisiä, pienempiä kiertoliittymiä kuin valtaosa nykyisistä, eivät turvallisuustulokset heti ole yhtä hyviä kuin muissa tarkastelluissa maissa. Tällä hetkellä kiertoliittymiä on hyvin vähän ja ajotapaa ei ole vielä opittu. Esim. yksittäisonnettomuuksia voi esiintyä enemmän kuin tavallisemmissa liittymissä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Allmänt råd, Vägverket, Ruotsi 1986
- /2/ Argus, Gatuutformning, Vägverket, Svenska kommunförbundet, Ruotsi 1987
- /3/ Beräkning av kapacitet, kölängd, fördröjning i väganläggningar, Statens Vägverk, Ruotsi 1977
- /4/ Brilon Werner, Intersections without Traffic Signals, Proceedings of an International Workshop, Bochum, Saksan Liittotasavalta 1988
- /5/ Cedersund Hans-Åke, Cirkulationsplatser, VTI 361, Ruotsi 1983
- /6/ Datorprogram Capcal, användarmanual 2, Statens Vägverk, Ruotsi 1981
- /7/ Erfaringer med rundkjøringer i Akershus, Akershus vegkontor, Norja 1988
- /8/ The Geometric design of Roundabouts, TA 42/84, Department of Transport, Iso-Britannia 1984
- /9/ The Geometric design of Roundabouts, TD 16/84, Department of Transport, Iso-Britannia 1984
- /10/ Hakkert A. S., Mahalel D., Asante S. A., Comparing capacities at unsignalized intersections and roundabouts, Israel 1990
- /11/ Johannessen Stein, Experiences with small roundabouts in Norway 1984
- /12/ Kapasitet og avviklingsforhold i ikke signalregulerte kryss, Metodesamling, Sintef, Norja 1984
- /13/ Kiertoliittymät, Suunnitteluperiaatteita, Tielaitos, Suomi 1990
- /14/ Liittymien suunnittelu, Tasoliittymien suunnittelu, TVL, Tie- ja vesirakennushallitus, Suomi 1974
- /15/ Kimber R.M., The traffic capacity of roundabouts, TRRL Laboratory Report 942, Iso-Britannia 1980
- /16/ Maycock G., Accidents at 4-arm roundabouts, TRRL Laboratory Report 1120, Iso-Britannia 1984
- /17/ Maycock G., Capacity, Safety and Delay at New Types of Roundabouts with Offside Priority, Iso-Britannia 1974

-
- /18/ Odelid Klas, Ombyggnad av signalreglerad korsning till cirkulationsplats, Institut för Trafikteknik i Lund, Ruotsi 1988
- /19/ Philbrick M.J., In search of a new capacity formula for conventional roundabouts, TRRL Laboratory Report 773, Iso-Britannia 1977
- /20/ Proceedings of Seminar G, European Transport and Planning, 18th Summer Annual Meeting, Traffic Management and Road Safety, PTRC, Iso-Britannia 1990
- /21/ Roads and Traffic in Urban Areas, Department of Transport, Iso-Britannia 1987
- /22/ Roundabout design, Technical memorandum, H2/75, Department of the Environment, Iso-Britannia 1975
- /23/ Rundkjøringer, del II hovedrapport, Erfaringer fra utvalgte rundkjøringer i Norge, Sintef, Norja 1983
- /24/ Rundkjøringer, Utvalg 22, Nordisk Vegteknisk Forbund 1984
- /25/ Rundkørsler, trafiksikkerhed, geometrisk udformning, kapasitet, Vejdirektoratet, Tanska 1981
- /26/ Semmens Marie C, ARCADY2: An enhanced program to model capacities, queues and delays at roundabouts, TRRL Research Report 35, Iso-Britannia 1985
- /27/ Skölving Harald, Dimensionering av cirkulationsplatser, Ruotsi 1988
- /28/ Todd Kenneth, The Roundabout - Its history and development in Britain, Iso-Britannia 1989
- /29/ Udforming af rundkørsler på hovedlandeveje, Idékatalog, Vejdirektoratet, Tanska 1989
- /30/ Valo-ohjaamattoman tasoliittymän välityskyky, Laskentaohje, Tie- ja vesirakennushallitus, Tiensuunnittelutoimisto, TVH 722306, Suomi 1978
- /31/ Veg & Gate utforming, Norja 1988
- /32/ Vodahl Stein B, Odegård Kjell Ivan, Ornes Arne, Rundkjøringer Del I litteraturstudier - Projekterings grunnlag, Norja 1980

MUU KIRJALLISUUS

Almqvist Rolf, Metoder for beräkning av cirkulationsplatsers kapacitet, University of Lund, Ruotsi 1975

Bulpitt M., Harrison I., Conflicts between capacity and safety in roundabout design, Iso-Britannia 1983

Byernes trafikarealer, Häfte IV, Vejkryds, Vejdirektoratet, Tanska 1987

Byernes trafikarealer, Häfte IVx, Vejkryds, Eksempler, Vejdirektoratet, Tanska 1987

Crown R.B., Rodel - An alternative approach to roundabout design, Iso-Britannia 1987

Harper R.S., Junction control capacity & safety, Moonrakers, Double mini, County Islands, Ring junction, Iso-Britannia 1983

Johannessen Stein, Emma-raportti 7, Käsikirja 1982

Kapasitet i kryss, Beregningsmetoder for ikke signalregulerte kryss, Statens Vägvesen, Norja 1985

Kimber R.M., Gap-Acceptance and Empirism in capacity prediction, Iso-Britannia 1989

Kimber R.M. and Coombe R. D., The traffic capacity of major/minor priority junctions, TRRL Supplementary Report 582, Iso-Britannia 1980

Kimber R.M. and Hollis Erica M., Traffic queues and delays at road junctions, TRRL Laboratory Report 909, Iso-Britannia 1979

Marlow M., Conversion of rural and semi-rural major/minor T-junctions to offside priority, TRRL Laboratory Report 883, Iso-Britannia 1979

Minirondell, Ett fullskaleförsök i Göteborg, Trafiksäkerhetsverket, Ruotsi 1987

Roundabouts, A design guide, NAASRA, Australia 1986

Rundkjøringer, Forslag til retringslinjer basert på data fra 35 norske rundkjøringer, Sintef, Norja 1985

Semmens Marie C, The capacity of entries to very large roundabouts, TRRL Research Report 142, Iso-Britannia 1988

Semmens Marie C, The capacity of some grade-separated roundabout entries, TRRL Supplementary Report 721, Iso-Britannia 1982

Semmens Marie C, PICADY2: An enhanced program to model capacities, queues and delays at major/minor priority junctions, TRRL Research Report 36, Iso-Britannia 1985

Senneset Gunnar, Rundkjøringer, del III bilagsrapport, Detaljerte resultater fra før/etter undersøkelse, Norja 1983

Simonsen P., Nye rundkørsler på hovedlandeveje, Stads- og hevneingenieren 3, Tanska 1989

Willumsen L.G., Kay W., Chosh A., Computer assisted design of the geometry of roundabouts, 1986

VIERAILUT ULKOMAILLA

Cedersund, Hans-Åke, VTI, Ruotsi 26.6.1990

Summersgill, Ian, TRRL, Iso-Britannia 3.7.1990

DEPARTMENT OF TRANSPORT
HIGHWAYS COMPUTING SIGNS AND LIGHTING DIVISION

(C) CROWN COPYRIGHT 1985

CAPACITIES, QUEUES, AND DELAYS AT ROUNDABOUTS

PROGRAM ARCADY2 - HCSL/R/30
RELEASE 1.2 (FEB 1988)-----
FOR PROGRAM ADVISE AND MAINTENANCE CONTACT
HIGHWAYS COMPUTING SIGNS AND LIGHTING DIVISION
T R HARDWICK 01-921 4248FOR ROUNDABOUT DESIGN REQUIREMENTS ADVISE CONTACT
ENGINEERING INTELLIGENCE DIVISION
H J WEISS 01-921 4236ST CHRISTOPHER HOUSE, SOUTHWARK STREET, LONDON,
SE1 0TE.
-----THE USER OF THIS COMPUTER PROGRAM FOR THE SOLUTION OF AN ENGINEERING PROBLEM IS
IN NO WAY RELIEVED OF HIS RESPONSIBILITY FOR THE CORRECTNESS OF THE SOLUTION
1HCSL/TRRL PROGRAM ARCADY2

PAGE 1

YKSIKASTAINEN KIERTOYMPYR

ROUNDAABOUT CAPACITY AND DELAY
*****INPUT DATA
-----ARM A - IT A
ARM B - POHJ B
ARM C - LNSI C
ARM D - ETEL DGEOMETRIC DATA

I	ARM	I	V (M)	I	E (M)	I	L (M)	I	R (M)	I	D (M)	I	PHI (DEG)	I	SLOPE	I	INTERCEPT (PCU/MIN)	I
I	ARM A	I	3.50	I	6.00	I	4.00	I	15.00	I	43.00	I	40.0	I	0.529	I	20.767	I
I	ARM B	I	3.50	I	6.00	I	3.00	I	15.00	I	43.00	I	50.0	I	0.502	I	19.308	I
I	ARM C	I	3.50	I	6.00	I	7.00	I	15.00	I	43.00	I	60.0	I	0.508	I	20.729	I
I	ARM D	I	3.50	I	6.00	I	4.00	I	15.00	I	43.00	I	40.0	I	0.529	I	20.767	I

1HCSL/TRRL
YKSIKASTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

PAGE 2

OTRAFFIC DEMAND DATA
-----OTIME PERIOD BEGINS 16.00 AND ENDS 17.00
OLENGTH OF TIME PERIOD - 60 MINUTES.
LENGTH OF TIME SEGMENT - 15 MINUTES.0
DEMAND FLOW PROFILES ARE INPUT DIRECTLY.

IHCSL/TRRL
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

		TURNING PROPORTIONS			
		(PERCENTAGE OF H.V.S)			
TIME	FROM/TO	ARM A	ARM B	ARM C	ARM D
16.00 - 17.00					
	ARM A	0.000	0.185	0.630	0.185
		(5.0)	(5.0)	(5.0)	(5.0)
	ARM B	0.185	0.000	0.185	0.630
		(5.0)	(5.0)	(5.0)	(5.0)
	ARM C	0.630	0.185	0.000	0.185
		(5.0)	(5.0)	(5.0)	(5.0)
	ARM D	0.185	0.630	0.185	0.000
		(5.0)	(5.0)	(5.0)	(5.0)

ODEFAULT TURNING PROPORTIONS ARE USED

IHCSL/TRRL
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

QUEUE AND DELAY INFORMATION FOR EACH 15 MIN TIME SEGMENT

TIME	DEMAND (VEH/MIN)	CAPACITY (VEH/MIN)	DEMAND/ CAPACITY (RFC)	PEDESTRIAN FLOW (PEDS/MIN)	START QUEUE (VEHS)	END QUEUE (VEHS)	DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)	GEOMETRIC DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)
16.00-16.15								
ARM A	12.20	15.99	0.763		0.0	3.0	39.9	
ARM B	6.10	12.92	0.472		0.0	0.9	12.5	
ARM C	12.20	16.11	0.757		0.0	2.9	38.9	
ARM D	6.10	14.01	0.435		0.0	0.8	10.9	
16.15-16.30								
ARM A	12.20	15.95	0.765		3.0	3.1	46.2	
ARM B	6.10	12.84	0.475		0.9	0.9	13.3	
ARM C	12.20	16.07	0.759		2.9	3.0	44.9	
ARM D	6.10	13.92	0.438		0.8	0.8	11.5	
16.30-16.45								
ARM A	12.20	15.95	0.765		3.1	3.2	47.3	
ARM B	6.10	12.84	0.475		0.9	0.9	13.5	
ARM C	12.20	16.07	0.759		3.0	3.1	45.9	
ARM D	6.10	13.92	0.438		0.8	0.8	11.6	
16.45-17.00								
ARM A	12.20	15.95	0.765		3.2	3.2	47.7	
ARM B	6.10	12.84	0.475		0.9	0.9	13.5	
ARM C	12.20	16.07	0.759		3.1	3.1	46.3	
ARM D	6.10	13.92	0.438		0.8	0.8	11.6	

1HCSL/TRRL
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

PAGE 5

QUEUE AT ARM A

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
16.15	3.0	***
16.30	3.1	***
16.45	3.2	***
17.00	3.2	***

1HCSL/TRRL
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

PAGE 6

QUEUE AT ARM B

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
16.15	0.9	*
16.30	0.9	*
16.45	0.9	*
17.00	0.9	*

1HCSL/TRRL
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

PAGE 7

QUEUE AT ARM C

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
16.15	2.9	***
16.30	3.0	***
16.45	3.1	***
17.00	3.1	***

1HCSL/TRRL
YKSIKAISTAINEN KIERTOYMPYR

PROGRAM ARCADY2

PAGE 8

QUEUE AT ARM D

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
16.15	0.8	*
16.30	0.8	*
16.45	0.8	*
17.00	0.8	*

1HCS, TRRL

PROGRAM ARCADY2

PAGE 9

YKSIKASTAINEN KIERTOYMPYR

QUEUEING DELAY INFORMATION OVER WHOLE PERIOD

I	ARM	I	TOTAL DEMAND		I	* QUEUEING *		I	* INCLUSIVE QUEUEING *		I
I		I		I	I	* DELAY *		I	* DELAY *		I
I		I	-----		I	-----		I	-----		I
I		I	(VEH)	(VEH/H)	I	(MIN)	(MIN/VEH)	I	(MIN)	(MIN/VEH)	I
I	A	I	732.0	I 732.0	I	181.0	I 0.25	I	181.3	I 0.25	I
I	B	I	366.0	I 366.0	I	52.8	I 0.14	I	52.8	I 0.14	I
I	C	I	732.0	I 732.0	I	176.0	I 0.24	I	176.3	I 0.24	I
I	D	I	366.0	I 366.0	I	45.7	I 0.12	I	45.7	I 0.12	I
I	ALL	I	2196.0	I 2196.0	I	455.5	I 0.21	I	456.1	I 0.21	I

* DELAY IS THAT OCCURRING ONLY WITHIN THE TIME PERIOD.

* INCLUSIVE DELAY INCLUDES DELAY SUFFERED BY VEHICLES WHICH ARE STILL QUEUEING AFTER THE END OF THE TIME PERIOD.

* THESE WILL ONLY BE SIGNIFICANTLY DIFFERENT IF THERE IS A LARGE QUEUE REMAINING AT THE END OF THE TIME PERIOD.

END OF JOB

Liite 2

TVH CAPCAL-OHJELMA/VAX/V8703/VIATEK OY PVM: 18-10-90 KL: 13:16
LIITTYMA:YKSIK KIERTOY 15

HAARAT : 4; TYYPI : 0 ; LIIK YMP ; 30-300 T AS RAJ : 60/ 50

SEK.ALUEEN	PITUUS	LEVEYS	AJOTIL.LEV
A-D	28.	7.5	6.5
B-A	27.	7.5	6.5
C-B	28.	7.5	6.5
D-C	28.	7.5	6.5

TULOSUUNTA A:

R15;LK 90;K 0%;RP 5%;PP 0%;PSL 3.5;PI .0;MAARA:O 140;S 476;V 140;JK 0
OSV 80/3.5;

TULOSUUNTA B:

R15;LK 90;K 0%;RP 5%;PP 0%;PSL 3.5;PI .0;MAARA:O 70;S 238;V 70;JK 0
OSV 80/3.5;

TULOSUUNTA C:

R15;LK 90;K 0%;RP 5%;PP 0%;PSL 3.5;PI .0;MAARA:O 140;S 476;V 140;JK 0
OSV 80/3.5;

TULOSUUNTA D:

R15;LK 90;K 0%;RP 5%;PP 0%;PSL 3.5;PI .0;MAARA:O 70;S 238;V 70;JK 0
OSV 80/3.5;

TVH CAPCAL-OHJELMA/VAX/V8703/VIATEK OY PVM: 18-10-90 KL: 13:16
LIITTYMA:YKSIK KIERTOY 15

LMAARA	KAP	KUORM	JONOPIT(M)	PYSJ	KESKI M	PI/PT
(AJON/H)	(AJON/H)	ASTE	P= 5% P=20%	(%)	VIIVYTYS(S)	

TULOS A:

KF= 1	734.	930.	.79	76.	41.	87.	25.7
-------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

TULOS B:

KF= 1	367.	833.	.44	23.	13.	73.	15.4
-------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

TULOS C:

KF= 1	734.	930.	.79	76.	41.	87.	25.7
-------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

TULOS D:

KF= 1	367.	846.	.43	23.	12.	72.	15.2
-------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

LIITTYMAN KESKIARVO:

82.	22.3
-----	------

Kiertoliittymien liikenteenvälityskyky

Norjalainen laskentamenetelmä

Liittymän nimi: YKSIK

SJo 17.10.1990/Symphony

		B ajon/h			
		O	66	Yht B	
		S	226	359	
		V	66		
A	ajon/h	652		C	ajon/h
O	133	kiertävä liikenne		O	133
S	452	425		S	452
V	133		652	V	133
Yht	718			Yht	718
		D ajon/h			
		O	66	Yht D	
		S	226	359	
		V	66		

Liikennemäärät

Yht 2154

A + C 1436

B + D 718

Sivuvirran osuus

0.33

Liittymän geometriatiedot tulohaaroittain

	A	B	C	D
v (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
e (m)	6.0	6.0	6.0	6.0
l' (m)	4.0	3.0	7.0	4.0
$S = 1.6 * (e - v) / l'$	1.0	1.3	0.6	1.0
$X = v + (e - v) / (1 + 2 * S)$	4.3	4.2	4.7	4.3
$F = 275 * X$	1191.7	1150.0	1283.3	1191.7
$f = 0.282 * (1 + 0.2 * X)$	0.5	0.5	0.5	0.5
Kiertävä liikenne				
Ms (ajon/h)	425	652	425	652

Korjaamaton välityskyky $K' = F \cdot f \cdot M_s$	968	813	1051	849
korjauskerroin k_1	1.0	1.0	1.0	1.0
Välityskyky $K = k_1 \cdot K'$ (ajon/h)	968	813	1051	849
Tulohaaran liikennemäärä M (ajon/h)	718	359	718	359
Välityskykyvara $K - M$	250	454	333	490
Keskim viivytys $v = 3600 / (K - M)$ (s/ajon)	14.4	7.9	10.8	7.4

KESKIM VIIVYTYS KOKO LIITTYMÄSSÄ
(s/ajon)

10.1

Kiertoliittymien liikenteenvälityskyky

Tanskalainen laskentamenetelmä

Liittymän nimi: yksik

SJo 23.10.1990/Symphony

			B	ajon/h					
			O	66	Yht B				
			S	226	358				
			V	66					
A	ajon/h			651		C	ajon/h		
O	133			kiertävä liikenne	424	O	133		
S	452	424				S	452		
V	133			651		V	133		
Yht	717					Yht	717		
			D	ajon/h					
			O	66	Yht D				
			S	226	358				
			V	66					

Liikennemäärät

Yht	2150
A + C	1434
B + D	716
Sivuvirran osuus	0.33

Geometriatiedot tulohaaroittain

	A	B	C	D
Tau	5.0	5.0	5.0	5.0
Delta	3.0	3.0	3.0	3.0
Kiertävä liikenne Nc	424	651	424	651
Max väl.kyky Nmax	-0.6	-0.9	-0.6	-0.9
= $Nc \cdot (e^{**} - Nc \cdot \text{Tau} / 3600) /$	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5
$(1 - e^{**} - Nc \cdot \text{Delta} / 3600)$	0.6	0.4	0.6	0.4
(ajon/h)	0.3	0.4	0.3	0.4
	790	630	790	630

 Palvelutaso ja viivytys

A = 0-11.9	360.0
B = 12-17.9	240.0
C = 18-23.9	180.0
D = 24-35.9	120.0
E = 36-71.9	72.0
F = yli 72 s	48.0

Ntill = $N_{\max} - 3600 / \text{ptason viiv}$	718	390	718	558
--	-----	-----	-----	-----

N = kaistan määrä	717	358	717	358
-------------------	-----	-----	-----	-----

Ntill-N	1	32	1	200
---------	---	----	---	-----

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 1/1991 Satelliitteihin perustuvasta paikannusjärjestelmästä. TIEL 3200001
- 2/1991 Autokanta ja liikenne OECD-maissa. TIEL 3200002
- 3/1991 Tiesalaojen toimivuus ja kunnossapito. TIEL 3200003
- 4/1991 Suolauksen vaikutukset tienvarsikasvillisuuteen. TIEL 3200004
- 5/1991 Reunapaalujen vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikenneonnettomuuksiin. TIEL 3200005
- 6/1991 Yleiskaavoituksen ja tien yleissuunnittelun kytkentä. TIEL 3200006
- 7/1991 Teiden esisuunnitelu Pohjoismaissa. TIEL 3200007
- 8/1991 Palvelutasomittareiden seuranta tiensuunnittelussa. TIEL 3200008
- 9/1991 Luonnonolojen seuranta tiensuunnittelussa. TIEL 3200009
- 10/1991 Tielaitoksen laatujärjestelmän kehittäminen; suunnittelun laatujärjestelmä, esiselvitys. TIEL 3200010
- 11/1991 Ympäristövaikutusarviot pääsuuntaselvityksissä. TIEL 3200016
- 12/1991 Selvitys nopeuden alentamiskeinoista taajamateillä. TIEL 3203613
- 13/1991 Selvitys nopeusrajoitusten määrittämisestä ja vaikutuksista. TIEL 3200011
- 14/1991 Jalankulkijan ja pyöräilijän vammautumiset liikennealueilla. TIEL 3200012
- 15/1991 Liikenneinvestoinneista päättäminen; Arvio suunnittelunäkemyksestä. TIEL 3200013
- 16/1991 Paristotyyppin ja ympäristön lämpötilan vaikutus varoitusvilkun toimintaan. TIEL 3200014
- 17/1991 The Effect of Battery Type and Ambient Temperature on the Operation of Warning Flashers. TIEL 3200015E
- 18/1991 Pohjaveden suojaus maatiivisteellä tien luiskassa. TIEL 3200017
- 19/1991 Liikennetunnelien kuivatus- ja lämpöeristysrakenteet. TIEL 3200018
- 20/1991 Kunnossapidon tuloksen mittaus. TIEL 3200019
- 21/1991 Tiesuolauksen vaikutus pohjaveteen Salpausselän alueella. TIEL 3200020
- 22/1991 Tiekohtaiset nopeusrajoitukset ja onnettomuudet 1984 - 1988. TIEL 3200021